



**Facultad de Ingeniería Automotriz**

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRÍZ

**Tema:**

**Estudio de la Evolución de los CRDI (Common Rail Direct Inyection) en  
Función del Combustible en Sudamérica**

Danny Alexander Garrido Quintana

Víctor Hugo Álvarez Luzuriaga

Director:

Msc. Andrés Castillo

Quito, Diciembre de 2016

CERTIFICADO

Nosotros Danny Alexander Garrido Quintana y Victor Hugo Álvarez Lazariaga, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o certificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Sedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador para que sea publicado y divulgado en Internet, según lo establezca en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Firma del Graduado

Danny Alexander Garrido Quintana.

C.I.: 1726702010



Firma del Graduado

Victor Hugo Álvarez Lazariaga.

C.I.:1720485851

Yo, Mgs. Andrés Castillo, certifico que conozco a los autores de la presente investigación siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Mgs. Andrés Castillo

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres y hermana, por ser fuente de inspiración, firmeza y ejemplo de vida.

**DANNY ALEXANDER GARRIDO QUINTANA**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a dios por haberme prodigado bendiciones durante toda mi vida, a mis maestros de quienes recibí conocimiento y a mi madre por haberse constituido en el impulso necesario para culminar mi carrera estudiantil.

**DANNY ALEXANDER GARRIDO QUINTANA**

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres**

Por el apoyo incondicional que recibo de ellos, por los innumerables consejos que me dan, por su paciencia, por los valores que me inculcaron desde pequeño, por depositar su confianza en mí y por el cariño que me brindan siempre.

Todo este trabajo se lo dedico a mis padres, porque sin duda; fueron, son y serán el pilar fundamente que me ha llevado a conseguir cualquier éxito en mi vida.

**VICTOR HUGO ÁLVAREZ LUZURIAGA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios en primer lugar por darme la fuerza, el coraje y las ganas siempre de cumplir todas mis metas, por brindarme unos excelentes padres que me guían siempre y por el hecho de darme la salud y la capacidad que me llevan a poder cumplir todo lo que me propongo.

Agradezco a mis maestros por brindarme de corazón sus conocimientos en el transcurso de mi carrera, por exigirme siempre a superarme y a ser una mejor calidad de persona dentro y fuera de cualquier lugar. A mis padres por todo el amor y confianza que me han depositado; y de lo cual estoy seguro serán testigos muy pronto de los frutos que han sembrado en mí, motivo que me lleva a ser mejor cada día.

**VICTOR HUGO ÁLVAREZ LUZURIAGA**

# Estudio de la Evolución de los CRDI (Common Rail Direct Injection) en Función del Combustible en Sudamérica

Danny A. Garrido <sup>Q1</sup>, Víctor H. Álvarez <sup>L2</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador – danny\_93100@hotmail.com - 0978916051 - Quito – Ecuador

<sup>2</sup>Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador – alvarezbarba26@hotmail.com - 0979375979 - Quito – Ecuador

## Resumen

**Introducción** El presente estudio busca determinar la evolución de los sistemas de inyección Common Rail en función de la calidad del combustible (diésel) en los países de Sudamérica. El sistema Common Rail ha venido evolucionando varias generaciones desde el año 1995 hasta la actualidad, aumentando sus presiones de trabajo, mejorando la pulverización del combustible y su control electrónico por medio de sensores cada vez más precisos con el fin de reducir emisiones contaminantes, disminuir el consumo de combustible y aumentar considerablemente el torque y la potencia. En la región de Sudamérica la calidad del combustible (diésel) varía de acuerdo a cada país, así como las regulaciones legislativas de protección del medio ambiente, por este motivo en cada país de la región, la generación del sistema de inyección Common Rail será diferente, con el fin de que trabaje de manera óptima de acuerdo a los factores mencionados. **Materiales y Métodos** Se investigaron los valores estándar de la calidad del combustible (diésel) de cada país de Sudamérica, así como las normativas ambientales (EURO) que rigen actualmente, al poseer esta información se pudo realizar una tabla comparativa para determinar cuál era la generación del sistema de inyección Common Rail más adecuada para operar en cada país. **Conclusiones** En los como México, Brasil, Argentina y Chile la generación del sistema Common Rail óptima sería la (CRI 2.5) la cual se implementó en el año 2009 y cumple con los estándares de emisiones EURO V y VI, por otro lado en los países como Perú, Ecuador y Venezuela la generación del sistema Common Rail óptima sería la (2da generación) que se implementó en el año 2002 y cumple con las normativas EURO-III. Podemos concluir que existe una brecha tecnológica de aproximadamente 7 años en la evolución del sistema de inyección Common Rail en el parque automotriz sudamericano.

**Palabras clave:** Common Rail, diésel, normas ambientales, Sudamérica

## Abstract

**Introduction** This study aims to determine the evolution of Common Rail injection systems as a function of the quality of fuel (diesel) in the countries of South America. The Common Rail system has been evolving for several generations from 1995 to the present, increasing its working pressures, improving fuel spraying and electronic control by means of increasingly accurate sensors in order to reduce pollutant emissions, Fuel consumption and greatly increase torque and power. In the South American region fuel quality (diesel) varies according to each country, as well as legislative regulations for environmental protection, for this reason in each country of the region, the generation of the Common Rail injection system will be different, In order to work optimally according to the factors mentioned. **Materials and Methods** The standard values of the fuel quality (diesel) of each South American country, as well as the current environmental regulations (EURO), were investigated. A comparative table was used to determine the generation Of the Common Rail injection system most suitable to operate in each country. **Conclusions** In the case of Mexico, Brazil, Argentina and Chile, the generation of the optimum Common Rail system would be (CRI 2.5), which was implemented in 2009 and complies with the EURO V and VI emission standards, on the other hand, in the countries Such as Peru, Ecuador and Venezuela, the generation of the optimum Common Rail system would be the (2nd generation) that was implemented in 2002 and complies with the EURO-III regulations. We can conclude that there is a technology gap of approximately 7 years in the evolution of the Common Rail injection system in the South American automotive fleet.

**Keywords:** Common Rail, diesel, environmental standards, South America

## INTRODUCCIÓN

La industria automotriz se encuentra constantemente en búsqueda de sistemas más eficientes de alimentación de combustible con el propósito de reducir emisiones contaminantes y sustancias nocivas para la salud humana y animal en general, reducir el consumo de combustible, conseguir motores más silenciosos y aumentar considerablemente su potencia. Estas exigencias se ven satisfechas por el desarrollo de un sistema de inyección directa capaz de trabajar a elevadas presiones de inyección para conseguir una pulverización más fina del combustible por los inyectores y dosificar el caudal con mayor exactitud.

La evolución de los sistemas CRDI han tenido como uno de sus objetivos principales, dar cumplimiento estricto a las Normativas Internacionales sobre emisiones contaminantes vigentes en Sudamérica entre ellas podemos destacar a Colombia que partir del 1 de enero de 2015 todos los camiones de reparto, de construcción y carreteros tendrán motores que cumplan con esta nuevas emisiones ecológicas, es decir, EURO IV, Chile también se sumará a esta normativa y desde septiembre de 2015 todos los camiones ofertados serán EURO V [1].

Otro factor que se toma en cuenta al realizar el estudio de la evolución de los sistemas CRDI es la calidad del diésel que se dispone en cada país, ya que estos motores son muy vulnerables al uso de combustibles de mala calidad. El elevado nivel de prestaciones de los motores diésel actuales, requieren del uso de combustibles de buena calidad que puedan soportar el alto nivel de exigencia sin comprometer la vida del motor [2].

La economía de cada país de la región es determinante para que los sistemas Common Rail más modernos no se comercialicen de manera masiva, ya que el costo de mantenimiento, repuestos, es alto en comparación a los automóviles a gasolina,

otro factor analizado en este estudio fue la calidad de combustible (diésel) que se refina y comercializa en cada país, que dependerá del tipo de crudo empleado para su elaboración. Particularmente los bajos contenidos de azufre se logran a partir de crudos “dulces”, mientras que los países que mantienen valores elevados emplean crudos “amargos” [4].

La evolución del Common Rail ha permitido integrar un sistema electrónico de inyección que asegura el cumplimiento de los requisitos mencionados anteriormente y lo más importante, dar cumplimiento a las normas legislativas y legales sobre la emisión de gases de escape los países de Sudamérica [5].

## FUNDAMENTO TEÓRICO

El sistema Common Rail tuvo su origen en el segundo lustro de la década de los años ochenta y principios de los noventa, podemos citar el año 1986 indudablemente como el año cuando fue creado y desarrollado en países europeos, como Alemania e Italia, principalmente por las Multinacionales Fiat y Bosch.

A partir de esa época y hasta la actualidad el desarrollo y mejoramiento del sistema ha sido permanente y ha estado enmarcado dentro de un proceso de mejora continua con efecto evidente en tres variables, siendo estas las siguientes: reducción de emisiones contaminantes, aumento de potencia en los motores y disminución de los niveles de consumo de combustible por Kilómetro recorrido.

Las ventajas del sistema Common Rail son amplias pudiendo mencionar algunas: la posibilidad de variar la configuración de la presión de inyección y los momentos de inyección. Esto se consigue mediante la separación de la generación de presión (bomba de alta presión) y la inyección (inyectores).



El sistema Common Rail ofrece una elevada flexibilidad en lo relativo a la adaptación de la inyección al motor. Esto se consigue mediante:

- Elevada presión de inyección de hasta aprox. 1600 bares, en el futuro de hasta 1800 bares.
- Presión de inyección adaptada al estado de servicio (200...1800 bares).
- Posibilidad de efectuar varias inyecciones previas y posteriores (pueden efectuarse incluso post inyecciones muy retardadas).

De esta forma, el sistema Common Rail contribuye a incrementar la potencia específica y a reducir el consumo de combustible, la emisión de ruidos y la expulsión de sustancias nocivas de los motores diésel. El Common Rail se ha convertido hoy en el sistema de inyección directa más utilizado en los motores diesel modernos y de elevadas prestaciones para turismo [1].

#### Estructura:

El sistema Common Rail comprende los siguientes grupos principales:

- Parte de baja presión: con los componentes de alimentación de combustible.
- Parte de alta presión: con la bomba de alta presión, el conducto común, los inyectores y las tuberías de combustible a alta presión.
- Sistemas de regulación electrónica diésel (EDC), con los sensores, unidad de control y elementos de regulación (actuadores) del sistema.



Figura 1: Esquema Básico del Sistema Common Rail

Fuente: PROMCYTEC

Los inyectores son los componentes principales del sistema Common Rail, van equipados con una válvula de conmutación rápida (válvula electromagnética o regulador piezoeléctrico), mediante la cual se abre y se cierra el inyector.

De esta manera es posible controlar por separado el proceso de inyección en cada cilindro.

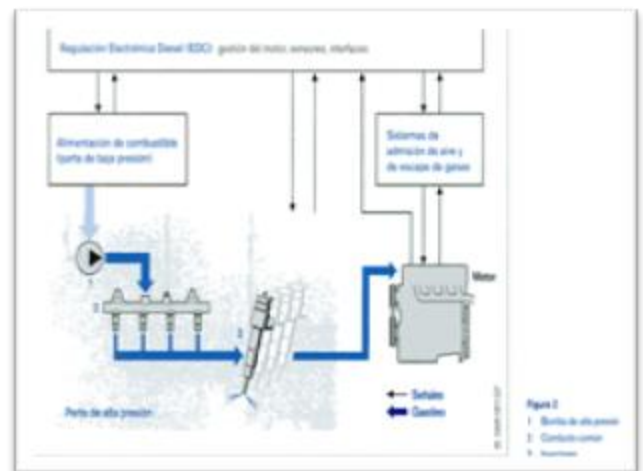


Figura 2: Regulación Electrónica Diésel

Fuente: Conocimientos técnicos de automoción, Edición 2005

Todos los inyectores están conectados al conducto común, de aquí se deriva el nombre Common Rail, la característica especial del sistema consiste en que la presión del sistema puede ajustarse dependiendo del momento de servicio del motor. El ajuste de la presión se efectúa mediante la válvula reguladora de presión o la unidad de dosificación.

#### **Funcionamiento:**

El sistema de inyección por acumulador Common Rail se encuentra separadas la generación de presión y la inyección. La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección. El sistema de Regulación Electrónica Diésel controla cada uno de los componentes [2].

#### **Generación de Presión:**

La separación de la generación de presión y de la inyección se efectúa con ayuda de un volumen de acumulación. El combustible sometido a presión se encuentra disponible para la inyección en el volumen de acumulación del Common Rail.

La presión de inyección deseada se genera mediante una bomba de alta presión accionada continuamente por el motor. Esta bomba mantiene la presión en el conducto común independientemente del número de revoluciones del motor y del caudal de inyección. Debido a la alimentación, prácticamente uniforme, la bomba de alta presión puede ser significativamente menor y con un par de accionamiento máximo mucho más reducido que en el caso de los sistemas de inyección convencionales.

Esto comporta asimismo una reducción importante de los esfuerzos que se debe ver sometido el accionamiento de la bomba. La bomba de alta presión es una bomba de émbolos radiales, en el caso de los vehículos industriales concebida también en parte como bomba de disposición en serie.

#### **Ventajas del sistema Common Rail:**

Estas son algunas de las ventajas más destacables encontrar en vehículos equipados con el sistema Common Rail:

- La presión de trabajo es prácticamente independiente del régimen del motor. Esto quiere decir que aunque el motor no esté demasiado revolucionado porque el conductor no acelere a fondo, el Common Rail es capaz de inyectar el combustible a presiones muy altas.
- Una de las ventajas más importantes en el Common Rail es que la mezcla de combustible inyectada por los inyectores Common Rail es de óptima calidad aumentando así la potencia, se reduzca considerablemente el consumo de combustible y disminuya la cantidad de emisiones contaminantes en el escape.
- Los antiguos sistemas de inyección estaban gobernados por un mecanismo encargado de marcar cuando se debe producir la inyección. Una de las ventajas en el Common Rail frente a los sistemas de inyección antiguos es que este es controlado electrónicamente por una centralita la cual decide cuándo se debe realizar la inyección, incluso es capaz de realizar varias inyecciones dentro de un mismo ciclo. Este sistema también permite que se realice una preinyección para aumentar la presión y temperatura al cilindro, provocando una mejor combustión y mayor disminución de ruido [3].

**Línea de Evolución del Common Rail de Bosch:**



**Figura 3:** Línea de Evolución del Common Rail de Bosch

Fuente: <http://www.boschautopartes.mx>

**Tabla 1:** Tabla de Presiones de Trabajo Según la Evolución del Sistema Common Rail

<b>GENERACIONES COMMON RAIL</b>	<b>AÑO</b>	<b>PRESIONES DE INYECCIÓN</b>
CRSN1 de Bosch	1999-2001	1400 BARES
CRSN3	2005	1800 BARES
CRSRN3-25	2005-2006	2500 BARES
CRSN4	2007	2100 BARES

Fuente: <http://br.bosch-automotive.com>

A partir del año de 1999 el sistema Common Rail de Bosch ha venido evolucionando paulatinamente aumentando sus presiones de trabajo, modificando las bombas de generación de presión, acumuladores e inyectores. De esta manera se ha podido cumplir con las normativas ambientales EURO 6.

**Separación de la Generación de la Presión y de la Inyección:**

En todas las generaciones y fases de desarrollo, todos los sistemas CRDI tienen unas características comunes muy importantes. Entre ellas se encuentra un acumulador de presión, desde el que se inyecta el combustible a los cilindros a través de los inyectores. Debido a la separación de la generación de la presión y de la inyección, se consigue una mayor flexibilidad en el diseño de los motores. La medición exacta del combustible se efectúa a través de unas válvulas electromagnéticas que, en los sistemas actuales, permiten hasta siete inyecciones individuales por ciclo de trabajo.

En la Tabla 1 nos podemos dar cuenta que mientras va evolucionando cada generación del sistema Common Rail, las presiones de trabajo de las bombas de alta presión van aumentando considerablemente, en consecuencia, mayores presiones ayudan a que el combustible se pulverice de mejor forma lo que ayuda a su total combustión.

**Evolución de los Elementos del Sistema Common Rail para Cumplir con las Normativas EURO 3 4, 5,6 en Sudamérica**

**Bomba de Alta Presión:**

El primer elemento que ha evolucionado a través de las distintas generaciones del Common Rail es la bomba de alta presión.

La bomba de alta presión es el elemento que tiene la misión de poner siempre a disposición el suficiente

combustible comprimido, en todos los parámetros de servicio del motor.

La bomba genera permanentemente la presión del sistema para el acumulador alta presión (Rail).



**Figura 4:** Bomba de Alta Presión del Sistema Common Rail de Segunda Generación (CRS 2,2)

**Fuente:** Bosch

### Common Rail System 2,5

La bomba de inyección de alta presión CP4 controlada electrónicamente, puede generar una presión de inyección de hasta 1800 bar. La válvula inyectora



**Figura 5:** Bomba CP4 año 2006 (1800 bar)

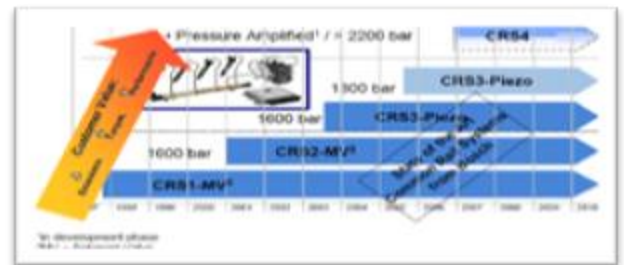
**Fuente:** <http://www.inyecar.es>

### Inyectores de Combustible:

Un inyector es un elemento componente del sistema de inyección de combustible cuya función es introducir una determinada cantidad de combustible

en la cámara de combustión en forma pulverizada, distribuyéndolo lo más homogéneamente posible dentro del aire contenido en la cámara.

Debido a la evolución de la tecnología cada vez más, se necesitan elementos que actúen con más rapidez. El inyector con electroválvula se muestra ya como un elemento lento para la rapidez con que elabora la gestión electrónica de mando [4].



**Figura 6:** Presiones de Trabajo de los Inyectores en las Diferentes Generaciones del Sistema Common Rail

**Fuente:** Bosch

En la figura 6 se puede apreciar como incrementa la presión de inyección gracias a la evolución en la tecnología de los inyectores, gracias a esto se puede llegar a presiones de inyección mucho más altas en el rango de 2200 bar aplicadas en el sistema CRS4.

### Inyectores Piezo CRI3.0

Los inyectores piezo son aquellos que utilizan cristales piezo-eléctricos en la activación de los elementos necesarios para la apertura del inyector.



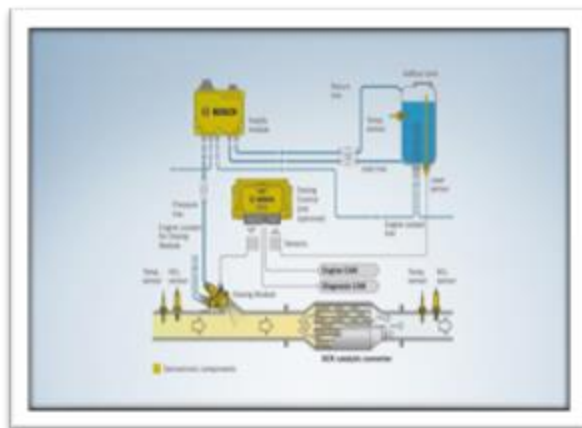
**Figura 7:** Constitución de un Inyector Piezo – Eléctrico de Tercera Generación del Sistema Common Rail

**Fuente:** Bosch

Este modelo permite una medición aún más exacta de las cantidades de combustible mínimas durante la pre-inyección y la post-inyección, lo que permite una reducción adicional de las emisiones de NOx y mejora el confort de marcha del vehículo.

A partir del año 2003, Bosch ofrece el sistema CRS3 de tercera generación con inyectores piezo, el sistema Common Rail generará una presión de 1800 bar y están dentro de los parámetros para aprobar con la normativa contaminante EURO V.

### Sistema Denoxtronic:



**Figura 8:** Sistema Denoxtronic Bosch para Reducción de Emisiones

**Fuente:** <http://products.bosch-mobility>

Es un sistema de reducción de emisiones en motores diésel que inyecta una cantidad calculada de solución de agua y urea llamada Adblue en el sistema de escape, la dosificación se basa en los datos obtenidos de la electrónica del motor, por ejemplo: el régimen y la temperatura de funcionamiento.

El amoníaco reacciona con Adblue, como resultado de ello, la mayor parte de los óxidos de nitrógeno se convierten en nitrógeno y agua dentro del convertidor SCR (Selective Catalytic Reduction o Reducción catalítica selectiva).

Desde el lanzamiento de la serie en 2004, Bosch ha seguido desarrollando aún más el sistema Denoxtronic. Solamente dos años más tarde, el complicado sistema de apoyo para el aire comprimido dejó de ser necesario debido a la mejora de la atomización fina.

Este sistema cumple con las normativas de emisiones EURO V Y VI.

### Sistema Depatronic:



**Figura 9:** Sistema Depatronic Bosch para Reducción de Emisiones

**Fuente:** <http://products.bosch-mobility>

Depatronic se usa en modelos diésel como agente reductor de las partículas contaminantes, lo que hace es inyectar una determinada cantidad de gasoil en los gases de escape, cuya combustión y posterior liberación de calor en el catalizador lo usará el filtro anti-partículas para quemar dichas partículas en su interior.

El sistema Depatronic está integrado en el circuito de combustible de baja presión. Inyecta una cantidad adicional controlada de diésel sin aire comprimido en el conducto de los gases de escape por encima del convertidor catalítico de oxidación. Con ello, la temperatura de los gases de escape aumenta hasta 600 °C cuando circula por el convertidor catalítico de oxidación. En este punto, el hollín almacenado en el filtro de partículas se quema. El volumen de flujo varía en función de las necesidades [5].

## DIESEL:

El diésel es el tipo de combustible empleado por motores equipados con el sistema Common Rail, es un hidrocarburo líquido de densidad sobre  $832 \text{ kg/m}^3$  ( $0,832 \text{ g/cm}^3$ ), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en calefacción y en motores diésel. Su poder calorífico inferior es de  $35,86 \text{ MJ/l}$  ( $43,1 \text{ MJ/kg}$ ).

## CALIDAD DEL DIESEL:

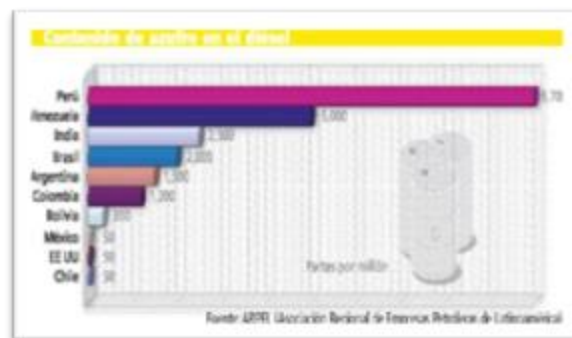
La calidad del diésel en términos medioambientales está definida básicamente por 2 factores:

### 1. Contenido de Azufre:

Es imposible limpiar el aire, o en particular reducir la contaminación del aire generado por el sector transporte, sin eliminar el azufre de los combustibles.

El azufre es por sí mismo un contaminante, pero más importante aún es que el azufre impide la adopción de las principales tecnologías para el control de la contaminación. Ninguna estrategia de reducción significativa de la contaminación del aire puede dar resultado sin reducir el azufre de los combustibles a niveles cercanos a cero.

El azufre en el diesel se presenta en forma de benzotiofenos y de dibenzotiofenos, es un elemento indeseable debido a la acción corrosiva de sus compuestos y por la formación de gases tóxicos  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  en la combustión, en presencia de agua los  $\text{SO}_3$  llevan a la formación de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ácido sulfúrico.



**Figura 10:** Contenido de Azufre en el Diésel en los Países de Sudamérica

**Fuente:** Asociación Nacional de Empresas Petroleras de Sudamérica

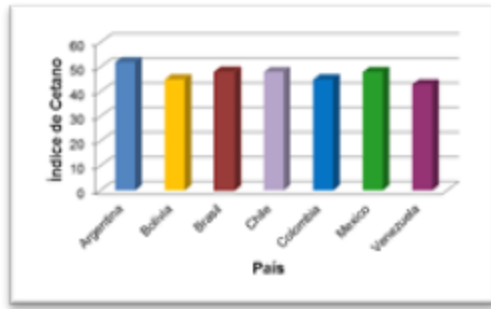
En la figura 10 se representan las partes por millón de azufre presentes en el diésel.

Un diésel con alto contenido de azufre ocasiona los siguientes daños: Desgaste del sistema de inyección de combustible y de los sistemas de control de emisiones, pérdida de compresión y potencia, el ácido sulfúrico y el  $\text{SO}_2$  que se forma en los vehículos ocasiona que todo el sistema de evacuación de gases se desgaste por corrosión, además se anula el funcionamiento del filtro catalizador [6].

### 2. Número de Cetanos:

El número de Cetano es un índice que se utiliza para caracterizar la volatilidad y facilidad de inflamación de los combustibles utilizados en los motores Diésel.

Tiene influencia directa en la partida del motor y en su funcionamiento en sobrecarga. Cuanto menor es el Nro. de Cetano, mayor es el retardo en la ignición.



**Figura 11:** Índice de Cetano en Países de Sudamérica

**Fuente:** <http://docplayer.es/docs-images/30/14621241/images/29-0.png>

La figura 11 fue elaborada por el autor de la fuente mencionada con datos recogidos en las diferentes empresas de petróleos de los diferentes países objeto de estudio.

#### **Calidad del Combustible para una Combustión Más Limpia:**

- ✓ Menor contenido de Azufre
- ✓ Mayor Índice de Cetanos (diésel)
- ✓ Mayor Octanaje (naftas)
- ✓ Manejo y control de Calida

#### **Normas Internacionales para el Control Ambiental en Cuanto a Emisiones Contaminantes:**

Tanto las Normas Euro con origen en los organismos de la Unión Europea y la EPA (Agencia de Protección Ambiental EE. UU) están destinadas a limitar las emisiones de gases contaminantes producidos por los motores diésel.



**Figura 12:** Cambios Tecnológicos en los Motores Diésel según la Evolución de las Normas Ambientales.

**Fuente:** “Tendencias Globales para el Combustible Diésel”  
PETROBRAS

En la figura 12 podemos observar como la tecnología en el control de emisiones de los motores diésel ha ido evolucionando con el propósito de cumplir los estándares de emisiones contaminantes vigentes.

Se puede observar que los motores a inyección directa y Common Rail de 3ra y 4ta generación disponen de la última tecnología en el control de emisiones.

#### **Calidad de Combustibles y Vehículos en Sudamérica:**

##### **Antecedentes:**

Los países andinos tienen un importante número de ciudades en condiciones de altura sobre (2000 msnm).

La mayor parte de países de Sudamérica tienen un menor grado de desarrollo económico que los países industrializados.

Aproximadamente el 65% de los habitantes de la región viven en áreas urbanas.

No existen entidades suprarregionales reconocidas, encargadas de la normalización y armonización del

recurso atmosférico, del parque vehicular y de la calidad de los combustibles.

### MÉTODOS Y MATERIALES:

Se investigaron los valores estándar de la calidad del combustible (diésel) de cada país de Sudamérica, así como las normativas ambientales (EURO) que rigen actualmente, al poseer esta información se pudo realizar una tabla comparativa para determinar cuál era la generación del sistema de inyección Common Rail más adecuada para operar en cada país.

### Calidad de Combustibles: Marco Jurídico e Institucional:

**Tabla 2:** Marco Jurídico e Institucional de la Calidad de Combustibles en Sudamérica

PAÍS	PRINCIPAL INSTITUCIÓN RESPONSABLE	DESARROLLO JURÍDICO
Argentina	Ministerio de Industrias	Legislación pertinente y normas técnicas
Bolivia	Superintendencia de Hidrocarburos	Legislación pertinente y normas técnicas
Brasil	Ministerio de Industrias	Legislación pertinente y normas técnicas
Chile	N/R	N/R
Colombia	Superintendencia de Industria y Comercio / Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Legislación pertinente y normas técnicas
Ecuador	Ministerio de Energía y Minas	Legislación pertinente y normas técnicas
Paraguay	N/R	N/R
Perú	Ministerio de Energía y Minas	Legislación pertinente y normas técnicas
Uruguay	Asociación Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland	Legislación pertinente y normas técnicas
Venezuela	N/R	N/R

**Fuente:** CORPAIRE

En la tabla 2 podemos observar cual es el marco jurídico y las normas técnicas que rigen para el cumplimiento de la calidad de combustible en la región de Sudamérica.

### Calidad del Combustible Diésel en Sudamérica:

**Tabla 3:** Calidad del Combustible Diésel en Sudamérica

PAÍS	CETANAJE		VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 40°C (cSt)		CONTENIDO DE AZUFRE (MAX) (ppm MASA)
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	
Argentina	48	50	2.0	5.5	1500 / 2500
Bolivia	50	-----	1.7	4.1	2000
Brasil	48	50	2.5	5.5	2000 / 3000
Chile	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R
Colombia	43 / 45	-----	N/R	N/R	4500 / 1200 (Bogotá) / 500 (2008)
Ecuador	45	-----	2.5 (37.8°C)	6.5 (37.8°C)	7000 / 500 (Quito)
Paraguay	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R
Perú	48	-----	2.0	4.5	350 / 50
Uruguay	45	48	1.8	5.8	8000
Venezuela	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R

**Fuente:** CORPAIRE

En la tabla 3 podemos observar la calidad del diésel basados en los dos factores de investigación principales como son: el cetanaje y el contenido de azufre.

- La penetración de vehículos (Otto) catalizados se encuentra en proceso en la región. Los parques vehiculares de algunos países ya son en su mayoría de tecnología reciente (Colombia, Brasil, Argentina y Ecuador) pero en los otros mantienen aún rezago, aunque la tecnología está ya disponible.
- Los vehículos con motores Diésel son empleados fundamentalmente para actividades comerciales en los sectores LDV, HDV y Buses. Casi la totalidad de los vehículos de pasajeros continúan siendo Otto.

- La mayor parte de países de la región mantienen brechas tecnológicas importantes respecto de países industrializados en materia de calidad del parque vehicular. Es recomendable estudiar propuestas de homologación regional que permitan reducir dicha brecha.



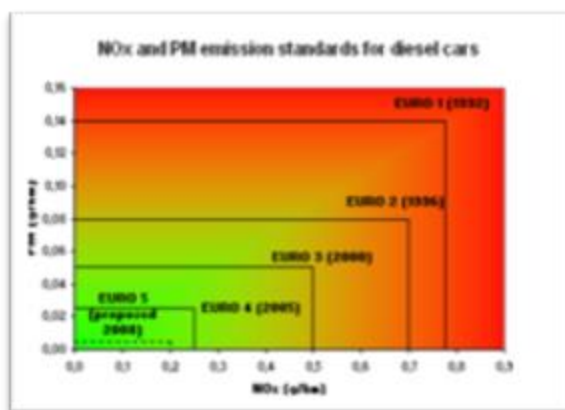
### Normativa Europea Sobre Emisiones:

Una norma europea sobre emisiones contaminantes es un conjunto de requisitos que regulan los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión interna de los vehículos nuevos vendidos en los Estados Miembros de la Unión Europea. Las normas de emisión se definen en una serie de directivas de la Unión Europea con implantación progresiva que son cada vez más restrictivas.

Actualmente, las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOX), Hidrocarburos (HC), Monóxido de carbono (CO) y partículas están reguladas para la mayoría de los tipos de vehículos, incluyendo automóviles, camiones, trenes, tractores y máquinas similares, barcas, pero excluyendo los barcos de navegación marítima y los aviones. Para cada tipo de vehículo se aplican normas diferentes. El cumplimiento se determina controlando el funcionamiento del motor en un ciclo de ensayos normalizado.

Los vehículos nuevos no conformes tienen prohibida su venta en la Unión Europea, pero las normas nuevas no son aplicables a los vehículos que ya están en circulación.

### Normativa Europea Para Vehículos Diesel:



**Figura 14:** Estándar de Emisiones de Nox y ppm para Automóviles Diésel

Fuente: WIKIPEDIA

En la figura 14 podemos observar cómo se reducen los niveles de Nox y ppm en cada nueva implementación de la norma con el paso del tiempo.

### Cronología De Las Normas De Emisión De Vehículos Adoptados En Sudamérica:

**Tabla 4:** Cronología de las Normas Euro Adoptadas en Sudamérica

Grupo	Región	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Otros mercados	Estados Unidos y Canadá	EPA 2010						
	UE	Euro VI						
	Japón	PHEES						
	Corea del Sur	Euro VI						
	Australia	Euro V/EPA 2007/2008						
	Brasil	Euro V						
	India	Euro IV						
América Latina	China	China IV						
	India	Bharata II						
	México	EPA 2004/Euro IV		EPA 2010/Euro VI				
	Brasil	P2						
	Argentina	Euro IV		Euro V				
	Chile	Euro IV		Euro V				
	Colombia	Euro II		Euro IV				
	Perú	Euro III						
	Uruguay	Euro III						
	Ecuador	EPA 94/Euro II						
Costa Rica	Euro I							
Venezuela	EPA 88/Euro I							

Equivalencia Euro: Pre-Euro II, II, III, IV, V, VI

Fuente: Revista Transportes y Turismo

En la tabla 4 podemos observar que los países de primer mundo como por ejemplo Estados Unidos, Canadá, Japón, Corea del Sur están a la vanguardia de la aplicación de estas normas. Mientras que en algunos países de Sudamérica como Perú, Uruguay, Ecuador y Venezuela se encuentran todavía en vigencia con la Norma Euro III que fue implementada en el año 2000.

## DISCUSIÓN Y RESULTADOS:

Tenemos 3 variables que nos permitirán concluir cual es la generación del sistema Common Rail óptima para trabajar en cada país de Sudamérica, estas son:

1. Calidad del diésel en cada país.
2. Normativas Ambientales de Emisiones Contaminantes (EURO Y EPA) que rigen en Sudamérica.
3. Evolución de las generaciones del sistema de Common Rail que cumple con los estándares de emisiones contaminantes.

Para generar estas tablas utilizaremos los datos proporcionados por:

- **Figura 3:** Línea de Evolución del Common Rail de Bosch.
- **Tabla 3:** Calidad del Combustible Diésel en Sudamérica,
- **Tabla 4:** Cronología de las Normas Euro Adoptadas en Sudamérica.

Para el caso de Argentina, Chile, México y Brasil en donde actualmente rige la normativa EURO V, y su diésel posee un contenido de azufre de (1500 - 3500 ppm), se determina que el CRI 2.5 es el óptimo, ya que cumple con los estándares requeridos por la norma.

**Tabla 5:** Generación del Common Rail Óptima para Cada País

PAÍS	NORMA EURO VIGENTE	CONTENIDO DE AZUFRE DEL DIESEL PPM (CADA PAÍS)	GENERACIÓN DEL COMMON RAIL ÓPTIMA PARA OPERACIÓN
ARGENTINA	EURO V	1500/2000	<b>2009</b> CRI2.5 entra en producción en serie con presión de 1800 bar. Generación 2.2 DNOX para Euro 5 y 6.
CHILE	EURO V	N/R	
MÉXICO	EURO V	N/R	
BRASIL	EURO V	2000/3500	

Para los de países Perú, Uruguay, Ecuador, Venezuela donde actualmente rigen las normas Euro I, II, III y su diésel posee un contenido alto de azufre (7000 ppm), se determina que la 2da generación del Common Rail es la óptima.

**Tabla 6:** Generación del Common Rail Óptima para Cada País

PAÍS	NORMA EURO VIGENTE	CONTENIDO DE AZUFRE DEL DIESEL PPM (CADA PAÍS)	GENERACIÓN DEL COMMON RAIL ÓPTIMA PARA OPERACIÓN
PERÚ	EURO III	350/50	<b>2002</b> 2ª generación del Sistema "Common Rail" para vehículos comerciales con menos emisiones, menor consumo, y mejor desempeño con presión de inyección de 1600 bar.
URUGUAY	EURO III	8000	
ECUADOR	EURO II	7000 Quito	
VENEZUELA	EURO I	N/R	

**Fuente:** Danny Garrido-Víctor Álvarez

Para el caso de Colombia en donde actualmente rige la norma Euro IV y su su diésel posee un contenido de azufre de (4500 ppm), se determina que la 1ra Generación DENOX Common Rail es el óptimo, ya que cumple con los estándares requeridos por la norma.

**Tabla 7:** Generación del Common Rail Óptima para Cada País

PAÍS	NORMA EURO VIGENTE	CONTENIDO DE AZUFRE DEL DIESEL PPM (CADA PAÍS)	GENERACIÓN DEL COMMON RAIL ÓPTIMA PARA OPERACIÓN
COLOMBIA	EURO IV	4500 Bogotá	<b>2004</b> 1ª Generación DNOX para Euro 4.

**Fuente:** Danny Garrido-Víctor Álvarez

En Latinoamérica, la implementación de la Norma Euro IV y V de emisiones está en aumento. A partir del 1° de enero de 2015, en Colombia todos los camiones de reparto, de construcción y de pasajeros tienen motores Euro IV. Desde esa fecha, las estaciones de combustible de Bogotá venden un diésel que, según los estudios de Ecopetrol, es un 80% más limpio, gracias a que pasó de emitir 2,500 partículas de azufre por millón (ppm) a 500 ppm.

En Brasil, la transición hacia el diésel de Ultra Bajo Azufre fue aún más gradual. Las normas establecieron un límite obligatorio de 50 ppm de azufre (correspondiente a Euro IV) en ciertas ciudades. En algunas entró en vigor a partir de 2010, y en otras, a partir de 2011.

#### **CONCLUSIONES:**

1. La calidad del combustible (diésel) utilizado en Sudamérica no es la adecuada para el funcionamiento óptimo de los sistemas CRDI de última generación, debido a este factor los fabricantes de automóviles no ven visible la introducción de automóviles con esta tecnología en el mercado, poniéndonos en desventaja frente a otros países más desarrollados en cuanto a la protección del medio ambiente.
2. La industria automotriz nacional trabaja de la mano junto con la industria petrolera y de refinación de derivados de petróleo, dados estos inconvenientes, si las industrias no mejoran sus procesos, su calidad y competitividad, sería prácticamente imposible cumplir con normas internacionales de última generación sobre gases contaminantes.
3. Existe una brecha tecnológica de 7 años en la tecnología Common Rail que se utiliza en Sudamérica ya que algunos países poseen estándares más rigurosos de cuidados del medio ambiente, lo ideal sería que todos los países alcanzaran los mismos estándares de calidad de combustible y normas ambientales, pero esto se ve imposibilitado debido a las grandes brechas económicas de países en vías de desarrollo como México o Brasil en comparación a países con una economía inestable como Perú y Venezuela.
4. Los sistemas Common Rail seguirán evolucionando y las brechas tecnológicas se harán más grandes con el tiempo, por este motivo es necesario que las industrias petroleras tomen acción y mejoren la calidad del combustible (diésel) para apoyar al desarrollo de una industria automotriz de vanguardia y un parque automotor que pueda competir con los países de primer mundo.

## INDICE GENERAL:

### REFERENCIAS INTRODUCCIÓN:

[1] J.Rueda, *NORMATIVIDAD DE EMISIONES EURO IV Y V* del proceso de la combustión de un motor diésel resultan diferentes tipos de gases, algunos de estos son nocivos para el medio ambiente. [online]. Disponible en: <http://juanruedaconinternational.com/content/normatividad-de-emisiones-euro-iv-y-v>

[2] MundoDiario, Los motores Diesel son muy vulnerables al uso de combustibles de mala calidad. [online]. Disponible en: <http://www.mundodiario.com/articulo/economia/motores-diesel-son-extraordinariamente-vulnerables-uso-combustibles-mala-calidad/20140628182049019726.html>

[3] Omar, *Mecánica Básica, Mantenimiento y costos de reparación, sistemas diésel CRDi* [online]. Disponible en <http://www.mecanicabasicacr.com/inyeccion/mantenimiento-y-costos-de-reparacion-sistemas-diesel-cr-di.html>

[4] R.Custode, *Calidad de Combustibles y Vehículos* en Sudamérica. Quito: Corpaire, 2007.

[5] N.Sanchez, Evolución de los sistemas de inyección en motores diesel de automóviles. Common rail [online]. Disponible en: <https://maquinasdebarcos.wordpress.com/2007/09/30/evolucion-de-los-sistemas-de-inyeccion-en-motores-diesel-de-automoviles-common-rail/>

### REFERENCIAS MARCO TEÓRICO:

[1] *Conocimientos técnicos de automoción control del motor diésel*, Bosch, Alemania, 2005.

[2] *Conocimientos técnicos de automoción control del motor diésel*, Bosch, Alemania, 2005.

[3] Ventajas del Common Rail. [Online]. Disponible en: [http://www.commonrail.es/ventajas\\_common\\_rail.html](http://www.commonrail.es/ventajas_common_rail.html)

[4] N.Sanchez, Bosch y los sistemas "Common Rail". [Online]. Disponible en: <http://inyecciondieselnaval.blogspot.com/2012/01/bosch-y-los-sistemas-common-rail.html>

[5] Bosch, Depatronic y Denoxtronic, dos de los sistemas anti-emisiones de Bosch más usados. [online]. Disponible en: <http://www.ocio.net/motor/departronic-y-denoxtronic-dos-de-los-sistemas-anti-emisiones-de-bosch-mas-usados/>

[6] K.Blumberg, M.Walsh, C.Pera., *GASOLINA Y DIESEL DE BAJO AZUFRE: LA CLAVE PARA DISMINUIR LAS EMISIONES VEHICULARES*. [online]. Disponible en: [http://www.theicct.org/sites/default/files/Bajo\\_Azufre\\_ICCT\\_2003.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/Bajo_Azufre_ICCT_2003.pdf)

## **REFERENCIAS INTRODUCCIÓN:**

### **REFERENCIA 1**

Del proceso de la combustión de un motor diésel resultan diferentes tipos de gases, algunos de estos son nocivos para el medio ambiente. La combustión ideal para no afectar al medio ambiente tiene como resultado, la emisión de dióxido de carbono y agua. En la actualidad ningún motor por avanzado que sea, logra una combustión ideal; pero si existen hoy en día sistemas integrados que se acogen a normativas internacionales que impulsan una importante reducción en gases tóxicos.

Existen diferentes sistemas de control de emisiones para los motores diésel, de los cuales, los dos principales y que son los más comunes en los países desarrollados, son el sistema Europeo conocido como EURO y el sistema Americano conocido como EPA. Existen otros específicos como el japonés, el australiano y otros que al final son derivaciones de los dos primeros. Todos los sistemas tienen el mismo un mismo objetivo, regular las emisiones de motores a diésel lo más limpias posibles para así mantener el ecosistema y el aire de las ciudades altamente pobladas con la mejor calidad y obtener un nivel de sostenibilidad a largo plazo.

La normativa europea EURO es un conjunto de requisitos que regulan los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión de los vehículos nuevos vendidos en los Estados Miembros de la Unión Europea. En Latinoamérica la implementación de la Norma EURO IV y V de emisiones está en aumento.

A partir del 1 de enero de 2015 en Colombia todos los camiones de reparto, de construcción y carreteros tendrán motores que cumplan con esta nuevas emisiones ecológicas, es decir, EURO IV. Chile también se sumará a esta normativa y desde septiembre de 2015 todos los camiones ofertados serán EURO V.

Entendiendo de manera sencilla esta tecnología de emisiones en motores a diésel:

1. La reducción catalítica selectiva o (SCR) por sus siglas en inglés, es un sistema que, con la ayuda de un agente reductor y un catalizador, reduce químicamente las emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NOx) y de partículas emitidas la ambiente.

2. El DEF (Líquido del Sistema de Escape a Diésel) es un fluido necesario para la funcionalidad del sistema SCR que, eyectándose en el escape del motor, forma amoníaco, el cual fluye al SCR y reacciona para formar nitrógeno y vapor de agua; estos últimos residuos de emisión no son dañinos para el ambiente ni para la salud.

Los motores CUMMINS® utilizados por la marca de camiones INTERNATIONAL® responden eficientemente a estas normativas de la Unión Europea con su Sistema Integrado del motor: este sistema asegura mayor potencia, mejor desempeño, confiabilidad y una solución de emisiones más efectiva.

Los camiones INTERNATIONAL® están a la vanguardia de las nuevas tecnologías y los sistemas integrados, respondiendo a las normativas internacionales y siendo consciente del medio ambiente.

## REFERENCIA 2

Los motores Diesel son muy vulnerables al uso de combustibles de mala calidad

El elevado nivel de prestaciones de los motores Diesel actuales, requiere del uso de combustibles de calidad que puedan soportar el nivel de exigencia necesario sin comprometer la vida del motor.

El fraude del combustible es una noticia habitual en la automoción que suele repetirse de forma periódica. Las causas son evidentes, y es que tras el fraude suelen esconderse unos niveles de rentabilidad asombrosos. El gasóleo es el combustible más utilizado en nuestro país, y podría considerársele la sangre de nuestro sector logístico y de transporte. A ello hay que unir que en España se comercializan tres tipos de gasóleo el de automoción o A, el agrícola o B y el de calefacciones o C. En el caso de los dos últimos con unas tasas impositivas mucho más bajas, lo que los hace candidatos a cambiar su destino final. Para facilitar la lucha contra el fraude, cada gasóleo lleva aparejados un aditivo que le da un color característico, de modo que pueda distinguirse con facilidad. Y es que en esencia se trata del mismo compuesto químico, ¿son por ello compatibles?

### La combustión del Diesel

Los motores diesel tienen características especiales, y es que la detonación en la cámara de combustión se produce por la presión a la que es sometido el combustible dentro de la cámara, sin ningún detonante como sería la bujía en un motor de gasolina. Por ello para que un combustible aporte rendimiento es necesario que su capacidad de ignición en estas circunstancias sea elevada, lo que se conoce como índice de Cetano. También es muy importante su viscosidad, y es que cuanto más fluido sea, será más sencillo de pulverizar, lo que favorece la detonación. Por el contrario si su viscosidad es excesivamente baja perderá capacidad lubricante, lo que causaría daños en el equipo de inyección. Otro factor a tener en cuenta es que el gasóleo tiende a solidificarse a bajas temperaturas creando depósitos cristalizados. Para evitarlo se añaden aditivos, en mayor medida en los meses más fríos, que es lo que se conoce comúnmente como “gasóleo de invierno”.

### Los motores

El motor Diesel por construcción teórica, sufre una extraordinaria paradoja, su rendimiento energético es menor cuanto más pequeño es su tamaño, y sin embargo aumenta cuanto más lento es su régimen de giro. Así a principios de los 90, un camión de 40 toneladas, con 350 CV, y girando entre 1.200 y 1.800 rpm, consumía unos 40l/100km. Por su parte un turismo de 90CV y 1.200 kg, funcionando entre 1.000 y 4.500 rpm necesitaría 7 l/100km.

Sin embargo a mediados de los 90 dos palabras revolucionaron la automoción: “inyección directa”. A la sombra de esa bonita pareja de palabras hemos asistido a una brutal escalada de las prestaciones de los motores Diesel de turismos, que prácticamente han duplicado su rendimiento, al mismo tiempo que reducían su consumo. Para ello los fabricantes han tenido que esforzarse al máximo en una carrera contrarreloj, adoptando complejos sistemas de inyección que funcionan con presiones superiores a los 2000 bares. Inyectores capaces de pulverizar hasta cinco veces por ciclo, con orificios tarados a la centésima de milímetro. Al mismo tiempo se ha depurado la sobrealimentación del turbo, logrando presiones de soplado dignas de vehículos de competición.

## La normativa EURO

Al mismo tiempo que sucedía todo ello la Unión Europea comenzaba a tomar medidas para poner freno a la contaminación, con las normativas Euro, centradas sobre todo en la automoción. En los motores Diesel la normativa Euro se ha centrado especialmente en cuatro aspectos, el monóxido de Carbono (CO), los hidrocarburos sin quemar (HC), los óxidos de Nitrógeno y las partículas de hollín. En cada entrega de la Euro (ya van 6) los límites se han ido endureciendo de forma constante. Sin embargo no ha impedido que los fabricantes hayan mantenido su guerra de cifras, aumentando el rendimiento de sus motores Diesel. Debido a ello han ido apareciendo sistemas para reducir o controlar las emisiones, como la recirculación de gases de escape (EGR), los filtros de partículas, o la reducción catalítica por medio de aditivos (Adblue).

En paralelo se ha perseguido también especialmente la calidad de los combustibles empleados, poniendo especial control sobre la presencia de azufre. El azufre es un elemento presente en el petróleo, que se mantiene en el gasóleo tras el refinado, y que le aporta excepcionales capacidades lubricantes. Lamentablemente es tóxico para el ser humano, y emitido a la atmósfera en forma de óxidos, genera lluvia ácida. A día de hoy sólo se permite en una concentración de 10 partes por millón, por lo que es necesario dotar al gasóleo de aditivos que mejoren su capacidad lubricante.

## Los aditivos

En España nos encontramos con un mercado en el que compiten surtidores abanderados por las grandes petroleras, surtidores independientes e incluso cadenas de hipermercados. Los argumentos de unos y otros son variados, aunque siempre acaban hablando de los famosos “aditivos”. En un combustible cuyo refinado básico es idéntico, los aditivos específicos, son uno de los principales argumentos de las marcas para distinguirse. Evidentemente el nivel de secretismo es brutal, por lo que ninguna petrolera da informaciones concretas sobre que tipo de aditivos emplea. Sin embargo sí se sabe que es lo que se pretende conseguir con ellos, un equilibrio entre viscosidad, y lubricación. Controlar el punto de solidificación, mejorar la capacidad detergente para mantener el circuito limpio, reducir el hollín en la combustión, etc.. Los aditivos encarecen bastante el producto, por lo que las petroleras añaden la parte que consideran imprescindible, en función del sector al que va destinado ese gasóleo.

Cuando se altera la composición del combustible sus propiedades también suelen sufrir cambios. En los casos más habituales de fraude, que es pasar el gasóleo B a A, se utilizan reactivos que eliminan su color rojizo y le dan el tono amarillento del Gasóleo A. En algunos casos más extremos, como el recientemente conocido, se llega al “engorde” del combustible. Para aumentar su volumen se añaden hidrocarburos de peor nivel, aceites vegetales, desechos de refinado e incluso agua.

## Graves consecuencias

El uso constante de un combustible adulterado o mal almacenado, puede provocar averías en el motor. Las consecuencias dependerán del tiempo de uso, así como la degradación que haya sufrido el combustible. Los síntomas más leves que podríamos sufrir, sería una merma de prestaciones, aumento de humos e incluso notar un cambio en el olor del humo. En un nivel superior de daños, podríamos tener problemas en el circuito de combustible, filtros obstruidos, depósitos sucios, daños en la EGR o saturación

del filtro de partículas. Un nivel mucho más grave sería cuando empiezan a dañarse componentes del circuito de alta presión que suelen implicar su sustitución, como inyectores, electroválvulas, bomba de alta presión. La avería de mayor gravedad sería el “gripaje” de la bomba de alta, que al descomponerse esparce las virutas por todo el circuito, lo que implica la sustitución de todos y cada uno de los componentes del circuito de combustible.

Cuanto más complejo y moderno sea el motor, mayor será su vulnerabilidad frente a combustibles adulterados o de mala calidad. Por ello el mismo combustible que aun vehículo de los 90 le provocaría un aumento de humos, en un vehículo de última generación podría provocar daños irreversibles.

Por desgracia no existen dispositivos que permitan analizar de forma rápida y fiable el combustible que repostamos. Por ello la única defensa de un conductor, es tratar de repostar en lugares de confianza, que sigan el mantenimiento de los depósitos tal y como indica la ley, y que sirvan el combustible tal y como lo suministra la petrolera. Hay que desconfiar de aquellas ofertas que no se sostengan sobre argumentos sólidos o que no merezcan confianza.

Para reclamaciones, es imprescindible conservar el comprobante de cada repostaje (al menos del último), e incluso solicitar factura añadiendo el número de kilómetros y matrícula del vehículo.REFERENCIA 3

En cuanto a los demás parámetros de calidad de los combustibles, está es determinada en casi todos los casos por el crudo empleado para su elaboración. Particularmente los bajos contenidos de azufre se logran a partir de crudos “dulces”, mientras que los países que mantienen valores elevados emplean crudos “amargos”.•De momento solo Bolivia, Chile y Perú cuentan en sus RM con ULSD, además la capital de Ecuador cuenta con LSD. Las demás zonas de la región mantienen aún contenidos de azufre elevados en todos los combustibles aunque algunas proyectan ya mejoras. La penetración de procesos de desulfurizaciones aún limitada en la región.



## REFERENCIA 4

### Costos del diagnostico de los sistemas Common Rail CRDi

Cuando hablamos de diagnostico de inyectores o bomba de alta presión hablamos también de equipos de diagnostico especiales los cuales cuestan miles de dolares, esto provoca que el diagnostico de estos componentes sea realmente caro, para dar un ejemplo, para un vehículo comercial de bajo costo el precio de diagnostico por cuatro inyectores ronda los 250 mil colones acá en Costa Rica, cerca de los 500 dolares americanos, ahora, si ha esto sumamos que se debe diagnosticar también la bomba de alta presión cuyo costo podría acercarse a otros 250 mil colones (otros 500 dolares) tendríamos un total cercano a los mil dolares y aun no hemos reparado el problema, solo se ha diagnosticado los componentes.

Al costo del diagnostico hay que sumar el valor de los inyectores en caso que esten en malas condiciones, cerca de otros 250 mil por cada inyector y las cosas podrían empeorar si la bomba de alta presión sale con algún defecto y no tiene reparación en cuyo caso habría que sumar entre 750 mil y un millón de colones mas(2 mil dolares mas) esto hablando de componentes nuevos.

Es por eso que debemos tener mucho cuidado pues estos sistemas siguen siendo muy vulnerables ante las impurezas y agua en el combustible o bien ante la equivocación por descuido en el tipo de combustible con el cual se rellena el tanque, es decir, equivocarnos llenando con gasolina el tanque podría significar el deterioro de los inyectores y bomba de alta tan solo en unos pocos kilómetros de recorrido.

Estos sistemas trabajan de forma genial en el motor, mas su diagnostico y reparación pueden significar para mas de uno un ojo de la cara, por eso siempre atentos al mantenimiento preventivo, a la calidad de combustible que utilizamos y al tipo correcto con el cual debemos de rellenar el tanque, no podemos dejar la responsabilidad de esto al personal de la expendedora de combustible, siempre atentos con el tipo de combustible con el cual se rellena, y en caso de ver que nos rellenaron con gasolina ni siquiera debemos de dar arranque al motor para mover un poco el automovil, solo hasta que todo el combustible sea vaciado del tanque.

## REFERENCIA 5:

**Evolución de los sistemas de inyección en motores diesel de automóviles. Common rail**

**Publicado el septiembre 30, 2007 por maquinasdebarcos**

**Las crecientes exigencias en los motores diesel respecto al incremento de prestaciones, reducción de ruido, disminución del nivel de contaminación y reducción de consumo llevaron a los fabricantes de automóviles a diseñar sistemas cada vez más sofisticados y eficaces**

**En 1986 se fabricó el primer automóvil diesel de inyección directa del mundo, el Croma TDI de Fiat. Este fue el primer paso hacia este tipo de motores diesel que tenían una mayor eficacia de combustión y podían garantizar mayores prestaciones y menores consumos simultáneamente. Quedaba un problema: el ruido excesivo del propulsor a bajos regímenes de giro.**

**Para tratar de resolver este problema comienza el estudio de un sistema de inyección directa más evolucionado, capaz de reducir radicalmente los inconvenientes del excesivo ruido de combustión.**

### **Evolución de los sistemas**

**El sistema clásico de alimentación de los motores diesel ligeros habían sido las bombas lineales (bosch y cav) que fueron adaptaciones de los vehículos pesados a los semi pesados y de estos a los automóviles. Posteriormente se introducen las bombas rotativas de émbolos radiales (tipo dpa dpc dps) y de embolo axial (tipo ve) que permiten aumentar el número de rpm del motor haciéndolo más ágil y aumentando sus prestaciones.**

**Hoy, las bombas lineales o rotativas han sido ampliamente superadas en potencia, consumos y emisiones contaminantes por los sistemas empleados en la actualidad, que adoptan rotativas de gestión totalmente electrónica. Recientemente, para mejorar las prestaciones de estas bombas y con el imperativo de ajustarse a la normativa medioambiental, se han desarrollado una serie de mecanismos de control electrónico adaptados que gestionan su control de forma cada vez más eficiente: control electrónico de avance a la inyección, de caudal de inyección o ambos al mismo tiempo. También se han desarrollado bombas capaces de suministrar presiones de inyección más elevadas y diferentes sistemas que combinan todas estas posibilidades.**

**Regresemos a los primeros años de desarrollo que evolucionó en la que hoy conocemos como sistema common rail.**

**Después de diferentes análisis, los técnicos encontraron que los diferentes sistemas de inyección no permitían gestionar la presión de inyección de modo independiente respecto al número de revoluciones y a la carga del motor, ni permitían la preinyección. Esta búsqueda llevará algunos años más tarde a sistemas de control totalmente electrónicos. El primero fue el Unijet, alcanzando mientras tanto otras ventajas importantes en materia de rendimiento y consumo.**

**El principio teórico de common rail como idea era simple, nació del trabajo de los investigadores de la Universidad de Zurich y nunca aplicado anteriormente en un automóvil. Con la introducción de gasoil en el interior de un depósito, se genera presión dentro del mismo depósito, que se convierte en acumulador hidráulico ("rail"), es decir, una reserva de combustible a presión disponible rápidamente.**

Hablar de common-rail es hablar de Fiat ya que esta marca es la primera en aplicar este sistema de alimentación en los motores diesel de inyección directa.

Unas de las piezas más características que diferencian este sistema de inyección con el resto es el rail (del cual recibe su nombre) en el que se encuentra el combustible a alta presión para abastecer a los inyectores, asegurando el mantenimiento con toda esa presión.

El sistema ofrece una serie de ventajas con respecto a los sistemas de alimentación tradicionales, que se traduce en una mayor potencia específica, un menor consumo y menor emisión de gases contaminantes; además, los motores resultan menos ruidosos.

En 1990, comenzaba la prefabricación del Unijet, el sistema desarrollado por Magneti Marelli, sobre el principio del "Common Rail". Una fase que concluía en 1994, cuando Fiat decidió unirse en este proyecto a Robert Bosch, máxima competencia en el campo de los sistemas de inyección para motores diesel, para la parte final del trabajo, es decir, la conclusión del desarrollo y la industrialización.

En 1997, llegó al mercado otro automóvil de récord: el Alfa 156 JTD equipado con un revolucionario turbodiesel que aseguraba resultados impensables hasta ese momento. Los automóviles equipados con este motor son increíblemente silenciosos, tienen una respuesta tan brillante como la de los propulsores de gasolina y muestran, respecto a un motor de precámara análogo, una mejora media de las prestaciones del 12%, además de una reducción de los consumos del 15%.

En los motores de tipo "Common Rail" (Unijet) se divide la inyección en dos fases una preinyección, o inyección piloto, que eleva la temperatura y la presión en el cilindro antes de hacer la inyección principal para permitir así una combustión más gradual, y resultando un motor más silencioso.

A partir de este sistema se desarrolla el sistema Multijet, que aprovecha el control electrónico de los inyectores para efectuar, durante cada ciclo del motor, un número mayor de inyecciones respecto a las dos del Unijet.

De este modo, la cantidad de gasóleo quemada en el interior del cilindro sigue siendo la misma, pero se reparte en más partes; de esta manera, se obtiene una combustión más gradual.

El sistema se basa en las características del diseño de la centralita de control y de los inyectores que permiten realizar una serie de inyecciones muy próximas entre sí, lo que asegura un control más preciso de las presiones y de las temperaturas desarrolladas en la cámara de combustión y un mayor aprovechamiento del aire introducido en los cilindros.

Entre sus principales ventajas podríamos destacar:

Aumento de la capacidad de respuesta, debido a la rapidez de adaptación del sistema.

Reducción del consumo, por la precisión en el dosificado.

El sistema reduce el ruido del motor, gracias a su facilidad y rapidez para controlar la apertura y cierre del inyector y a la posibilidad de realizar varias inyecciones por ciclo de trabajo del pistón. Ello permite

realizar una pre-inyección (que disminuye la violencia de la explosión y mejora la combustión principal), una inyección principal y una post-inyección.

Además, ofrece una alta presión, disponible desde regímenes bajos o carga parcial. El sistema es capaz de suministrar presiones cercanas a los 1.400 bares de presión de inyección, frente al tope de los sistemas tradicionales, que en la mayoría de los casos rondaba en 130 bares, y en pocas ocasiones alcanzaba los 300 bares

La dosificación es más exacta, ya que controla el caudal de inyección con gran precisión, gracias a la unidad de control, basada en los parámetros de ese motor y la información de un gran número de sensores que informan continuamente de las condiciones de funcionamiento que pueden influir en la dosificación del caudal.

El control de las emisiones de Hollín, CO (monóxido de carbono), HC (hidrocarburos) y NOx (óxidos de nitrógeno) se consigue con la pulverización muy fina, obtenida gracias a la presión de funcionamiento (HC), su dosificación muy ajustada (CO), un exceso de aire entre un 10 y un 40 % (Hollín) y una inyección retardada o post-inyección, con un sistema de adición de recirculación de gases de escape que limitan las temperaturas excesivas (NOx).

Las técnicas de fabricación de las piezas, como el diseño de la cabeza del pistón, la disposición y el número de válvulas y la disposición del inyector (disposición, número, tamaño y disposición de los orificios) y colectores, contribuyen a la optimización del sistema.

Norberto Sánchez

Técnico Constructor Naval

Jefe de Máquinas

## **REFERENCIAS MARCO TEÓRICO:**

### **Ventajas del Common Rail**

Estas son algunas de las ventajas mas destacables encontrar en vehiculos equipados con el sistema Common Rail:

- La presión de trabajo es prácticamente independiente del régimen del motor. Esto quiere decir que aunque el motor no esté demasiado revolucionado porque el conductor no acelere a fondo, el Common Rail es capaz de inyectar el combustible a presiones muy altas.
- Una de las ventajas mas importantes en el Common Rail es que la mezcla de combustible inyectada por los inyectores Common Rail es de óptima calidad aumentando así la potencia , se reduzca considerablemente el consumo de combustible y disminuya la cantidad de emisiones contaminantes en el escape.
- Los antiguos sistemas de inyección estaban gobernados por un mecanismo encargado de marcar cuando se debe producir la inyección. Una de las ventajas en el Common Rail frente a los sistemas de inyección antiguos es que este es controlado electrónicamente por una centralita la cual decide cuando se debe realizar la inyección, incluso es capaz de realizar varias inyecciones dentro de un mismo ciclo. Este sistema también permite que se realice una preinyección para aumentar la presión y temperatura al cilindro, provocando una mejor combustión y mayor disminución de ruido.

## Bosch y los sistemas "Common Rail"

El pasado mes de diciembre, Bosch conmemoró la fabricación de 75 millones de sistemas Common Rail (CRS).

Esta tecnología, que es altamente eficiente y respetuosa con el medio ambiente, se utilizó por primera vez hace 14 años en los vehículos y fue el inicio del cambio de imagen de los motores Diesel.

En 1997, el porcentaje de automóviles con motores diesel en Europa Occidental era del 22 por ciento; en la actualidad, uno de cada dos automóviles fabricados están equipados con este tipo de motor.

El objetivo actual de Bosch es que un automóvil del segmento compacto consuma sólo 3,6 litros de gasoil cada 100 kilómetros recorridos en el año 2015, reduciendo también, de esta forma, las emisiones de CO<sub>2</sub> y las emisiones generales de agentes contaminantes.

Esto supone, una reducción de alrededor del 30 por ciento del consumo de combustible en comparación con los automóviles equipados con motor Diesel estándar del año 2009.

Con el avance de los híbridos, el consumo de los modelos Diesel puede reducirse, incluso, en un 40 por ciento.

### Tecnología futura de Common Rail con hasta 2.500 bares de presión

Mientras que el primer sistema Common Rail CRS1 trabajaba con una presión de 1.350 bares, el sistema CRS2 alcanza hasta 2.000 bares.

La medición exacta del combustible se efectúa a través de las válvulas electromagnéticas que permiten hasta 8 inyecciones individuales por ciclo de trabajo.

A partir del año 2003, Bosch ofrece el sistema CRS3 de tercera generación con inyectores piezo.

Este modelo permite una medición aún más exacta de las cantidades de combustible mínimas durante la pre-inyección y la post-inyección, lo que permite una reducción adicional de las emisiones de NO<sub>x</sub> y mejora el confort de marcha del vehículo.

En la figura se puede apreciar la evolución de los sistemas de inyección Common Rail de Bosch con el objetivo de llegar a presiones de inyección mucho más altas aplicadas en el sistema CRS4.

La tecnología Common Rail, en combinación con un tratamiento del NO<sub>x</sub> de los gases de escape, hace posible el cumplimiento de las normas de emisiones más estrictas, como la Euro 6, en Europa a partir de 2014; o la Tier 2 Bin 5, en EEUU.

Departronic y Denoxtronic, dos de los sistemas anti-emisiones de Bosch más usados

Bosch introdujo el año pasado en los vehículos dos nuevos sistemas de control de emisiones, denominados **Departronic** y **Denoxtronic**, cada uno de estos sistemas (como la misma inyección o encendido electrónico, cuando se comenzó a popularizar) los fabricantes los denominan de una manera diferente, pero básicamente todos usan el mismo principio.

El **Denoxtronic** inyecta la dosis exacta de un compuesto denominado **AdBlue**, su funcionamiento es el siguiente: en combinación con **SCR** (**Selective Catalytic Reduction**, o “catalizador selectivo de reducción”), hace que se mezclen los gases de escape y, mediante una reacción química, convierte el **NOx** (óxido de nitrógeno) en nitrógeno y agua. Electrónicamente, el sistema dosifica el agente **AdBlue**, que se ubica en un depósito aparte.

Por su parte, el **Departronic** se usa en modelos diesel como agente reductor de las partículas contaminantes, lo que hace es inyectar una determinada cantidad de gasoil en los gases de escape, cuya combustión y posterior liberación de calor en el catalizador lo usará el filtro anti-partículas para quemar dichas partículas en su interior.

Ambas tecnologías ya estareis muy cansados de oírlas (**FAP**, **FDP**, **BlueTec**, **BlueMotion...**), básicamente todos ellos se basan en el mismo principio, gracias a lo cual muchos vehículos pueden cumplir la normativa **Euro 5** (que entro en vigor este mismo año).

**Alcance de la noticia: Internacional**

**Referencias: BOSCH**

**Más datos: BOSCH Departronic (página oficial) – BOSCH Denoxtronic (página oficial)**

**Relacionados en MotorSpain: Mercedes-Benz presenta el diesel más limpio del mundo**

El detonante del proceso de limpieza es **AdBlue**, un agente reductor no tóxico de agua y urea que se inyecta en una dosis precisa en los gases de escape. De esa forma se crea un amoniaco que con los óxidos de nitrógeno reacciona en el catalizador **SCR** y se convierte en nitrógeno y agua, dos elementos no contaminantes. El **Denoxtronic** dosifica con exactitud el **AdBlue** que se encuentra en un depósito aparte.

La combinación de catalizador **SCR** y **AdBlue** se encuentra en el centro de la ofensiva diesel que los fabricantes alemanes más importantes están llevando a cabo en Estados Unidos. Estas empresas venderán en el futuro en Norteamérica estos turismos diesel modernos bajo el nombre “**Bluetec**“. Gracias a sus tecnologías innovadoras para el tratamiento de gases de escape cumplirán también las normas estrictas de emisiones de **EE. UU.**

Una vez que se ofrezca el combustible diesel bajo en azufre en todas las gasolineras se creará la condición fundamental para el éxito del diesel Bluetec en Norteamérica. Conforme a estudios del mercado realizados por la Robert Bosch GmbH, el porcentaje de los diesel en EE. UU. aumentará hasta el año 2016 del 5 % actual. Es imposible limpiar el aire, o en particular reducir la contaminación del aire generada por el sector transporte, sin eliminar el azufre de los combustibles. El azufre es por sí mismo un contaminante, pero más importante aún es que el azufre impide la adopción de las principales tecnologías para el control de la contaminación. Ninguna estrategia de reducción significativa de la contaminación del aire puede dar resultado sin reducir el azufre de los combustibles a niveles cercanos a cero.

Este artículo trata sobre la necesidad de reducir el azufre en los combustibles para el sector transporte y de los beneficios que pueden alcanzarse en términos de las emisiones totales de contaminantes. El azufre impide el uso de muchas tecnologías convencionales y avanzadas para el control de contaminantes vehiculares, incluyendo monóxido de carbono (CO), partículas (PM), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos (HC). Los combustibles de bajo azufre son la clave para reducir las emisiones vehiculares, mediante la introducción de tecnologías avanzadas de control y nuevos vehículos con diseños más eficientes.

El azufre es un componente natural del petróleo crudo y en consecuencia se encuentra tanto en la gasolina como en el diesel. Cuando estos combustibles son quemados, el azufre se emite como dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) o como partículas de sulfatos. Cualquier reducción en el contenido de azufre en los combustibles disminuye las emisiones de estos compuestos y cuando este contenido disminuye más allá de cierto punto, el beneficio aumenta hasta una disminución importante de las emisiones totales de contaminantes.

#### Impacto del azufre sobre las Emisiones Vehiculares

Los combustibles pobres en azufre (~150 ppm) hacen a los vehículos existentes más limpios. Estos combustibles reducen las emisiones de CO, HC, y NOx de los vehículos a gasolina equipados con catalizadores, y las emisiones de PM de vehículos a diesel, con o sin catalizadores de oxidación. Estos beneficios se incrementan cuando los vehículos están diseñados para alcanzar normas de emisión más elevadas y los niveles de azufre bajan aún más.

Los combustibles de bajo azufre (~50 ppm) permiten mayores beneficios al incorporar tecnologías avanzadas de control para vehículos diesel. Los filtros de partículas del diesel pueden usarse con combustibles de bajo azufre pero sólo alcanzan un 50% de eficiencia de control, aproximadamente. La reducción catalítica selectiva puede aplicarse en este caso para lograr un control de emisiones de NOx superior al 80%.

Combustibles de ultra bajo azufre (~10 ppm) permiten el uso de equipo de absorción de NOx, incrementando su control hasta niveles superiores al 90%, tanto en vehículos a diesel como de gasolina. Esto permite diseños de motores más eficientes, que son incompatibles con los actuales sistemas de control de emisiones. Los filtros de partículas alcanzan su máxima eficiencia con combustibles de ultra bajo azufre, cerca del 100% de reducción de PM.



La tecnología necesaria para reducir el azufre a niveles ultra bajos se utiliza actualmente en muchos lugares en todo el mundo. Los costos actuales son razonables y la industria de refinación continúa desarrollando catalizadores más activos y nuevos procesos para la remoción del azufre y reducir aún más los costos.

Los estudios muestran que los beneficios de la reducción de azufre rebasan con mucho los costos, si bien la inversión requerida en refinación sigue siendo significativa. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos encontró que los beneficios ambientales y en la salud humana asociados a la reducción de azufre fueron diez veces más elevados que los costos (este estudio consideró normas de emisión contingentes más estrictas para combustibles de bajo azufre). Más aún: un estudio europeo demostró que los combustibles de ultra bajo azufre reducen significativamente los costos totales, incidiendo directamente en un mayor rendimiento del combustible. El considerable potencial para reducir emisiones de gases de efecto invernadero es un beneficio adicional a los impactos positivos sobre la salud, sobre el ambiente y otros, derivados de la reducción del azufre.

#### Tendencias Globales hacia Combustibles de Bajo Azufre

En el mundo desarrollado, los fabricantes de autos y las empresas de refinación han tenido que aplicar sus importantes capacidades técnicas y administrativas para cumplir con regulaciones ambientales crecientemente estrictas. Los resultados han sido niveles de azufre menores en los combustibles y normas de emisión cada vez más bajas para todo tipo de vehículos. De igual forma, los retos ambientales de largo plazo y los requerimientos más estrictos que se esperan en el futuro, están impulsando la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

En los países en desarrollo, donde el número de vehículos se incrementa exponencialmente, los combustibles con alto contenido de azufre continúan siendo la norma, impidiendo la introducción de nuevas tecnologías vehiculares. Mediante el establecimiento de políticas para bajar los niveles de azufre y aplicar normas de emisión más estrictas, estos países pueden aliviar los impactos en la salud humana derivados del número creciente de vehículos y disminuir el esfuerzo social y tecnológico necesario para hacer más limpios sus parques vehiculares. De esta forma, los países relativamente nuevos en este campo, podrán retomar la experiencia de los países que han logrado ventajas con los combustibles de bajo azufre.

Aun más, los países deberán incrementar sus esfuerzos de cooperación para rebasar la barrera de calidad en los combustibles y moverse hacia los vehículos de baja emisión. Los beneficios locales de salud y ambientales son, por sí mismos, una razón suficiente para requerir combustibles más limpios, sin embargo no son el único punto, ya que las emisiones vehiculares han adquirido una importancia significativa a nivel global. Es un hecho, por ejemplo, que los contaminantes que tradicionalmente han sido de preocupación exclusivamente local, como las PM y el ozono a nivel del suelo, pueden tener impactos importantes en el cambio climático global. La reducción de los niveles

4

azufre en los combustibles del sector transporte y el impulso al control de emisiones y a los vehículos con tecnologías de uso eficiente del combustible, son los primeros pasos para reducir el impacto local y global de las emisiones vehiculares.

## REFERENCIAS INTRODUCCIÓN:

### REFERENCIA 1

Del proceso de la combustión de un motor diésel resultan diferentes tipos de gases, algunos de estos son nocivos para el medio ambiente. La combustión ideal para no afectar al medio ambiente tiene como resultado, la emisión de dióxido de carbono y agua. En la actualidad ningún motor por avanzado que sea, logra una combustión ideal; pero si existen hoy en día sistemas integrados que se acogen a normativas internacionales que impulsan una importante reducción en gases tóxicos.

Existen diferentes sistemas de control de emisiones para los motores diésel, de los cuales, los dos principales y que son los más comunes en los países desarrollados, son el sistema Europeo conocido como EURO y el sistema Americano conocido como EPA. Existen otros específicos como el japonés, el australiano y otros que al final son derivaciones de los dos primeros. Todos los sistemas tienen el mismo un mismo objetivo, regular las emisiones de motores a diésel lo más limpias posibles para así mantener el ecosistema y el aire de las ciudades altamente pobladas con la mejor calidad y obtener un nivel de sostenibilidad a largo plazo.

La normativa europea EURO es un conjunto de requisitos que regulan los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión de los vehículos nuevos vendidos en los Estados Miembros de la Unión Europea. En Latinoamérica la implementación de la Norma EURO IV y V de emisiones está en aumento.

A partir del 1 de enero de 2015 en Colombia todos los camiones de reparto, de construcción y carreteros tendrán motores que cumplan con esta nuevas emisiones ecológicas, es decir, EURO IV. Chile también se sumará a esta normativa y desde septiembre de 2015 todos los camiones ofertados serán EURO V.

Entendiendo de manera sencilla esta tecnología de emisiones en motores a diésel:

1. La reducción catalítica selectiva o (SCR) por sus siglas en inglés, es un sistema que, con la ayuda de un agente reductor y un catalizador, reduce químicamente las emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NOx) y de partículas emitidas la ambiente.

2. El DEF (Líquido del Sistema de Escape a Diésel) es un fluido necesario para la funcionalidad del sistema SCR que, eyectándose en el escape del motor, forma amoníaco, el cual fluye al SCR y reacciona para formar nitrógeno y vapor de agua; estos últimos residuos de emisión no son dañinos para el ambiente ni para la salud.

Los motores CUMMINS® utilizados por la marca de camiones INTERNATIONAL® responden eficientemente a estas normativas de la Unión Europea con su Sistema Integrado del motor: este sistema asegura mayor potencia, mejor desempeño, confiabilidad y una solución de emisiones más efectiva.

Los camiones INTERNATIONAL® están a la vanguardia de las nuevas tecnologías y los sistemas integrados, respondiendo a las normativas internacionales y siendo consciente del medio ambiente.

## REFERENCIA 2

Los motores Diesel son muy vulnerables al uso de combustibles de mala calidad

El elevado nivel de prestaciones de los motores Diesel actuales, requiere del uso de combustibles de calidad que puedan soportar el nivel de exigencia necesario sin comprometer la vida del motor.

El fraude del combustible es una noticia habitual en la automoción que suele repetirse de forma periódica. Las causas son evidentes, y es que tras el fraude suelen esconderse unos niveles de rentabilidad asombrosos. El gasóleo es el combustible más utilizado en nuestro país, y podría considerarse la sangre de nuestro sector logístico y de transporte. A ello hay que unir que en España se comercializan tres tipos de gasóleo el de automoción o A, el agrícola o B y el de calefacciones o C. En el caso de los dos últimos con unas tasas impositivas mucho más bajas, lo que los hace candidatos a cambiar su destino final. Para facilitar la lucha contra el fraude, cada gasóleo lleva aparejados un aditivo que le da un color característico, de modo que pueda distinguirse con facilidad. Y es que en esencia se trata del mismo compuesto químico, ¿son por ello compatibles?

La combustión del Diesel

Los motores diesel tienen características especiales, y es que la detonación en la cámara de combustión se produce por la presión a la que es sometido el combustible dentro de la cámara, sin ningún detonante como sería la bujía en un motor de gasolina. Por ello para que un combustible aporte rendimiento es necesario que su capacidad de ignición en estas circunstancias sea elevada, lo que se conoce como índice de Cetano. También es muy importante su viscosidad, y es que cuanto más fluido sea, será más sencillo de pulverizar, lo que favorece la detonación. Por el contrario si su viscosidad es excesivamente baja perderá capacidad lubricante, lo que causaría daños en el equipo de inyección. Otro factor a tener en cuenta es que el gasóleo tiende a solidificarse a bajas temperaturas creando depósitos cristalizados. Para evitarlo se añaden aditivos, en mayor medida en los meses más fríos, que es lo que se conoce comúnmente como “gasóleo de invierno”.

Los motores

El motor Diesel por construcción teórica, sufre una extraordinaria paradoja, su rendimiento energético es menor cuanto más pequeño es su tamaño, y sin embargo aumenta cuanto más lento es su régimen de giro. Así a principios de los 90, un camión de 40 toneladas, con 350 CV, y girando entre 1.200 y 1.800 rpm, consumía unos 40l/100km. Por su parte un turismo de 90CV y 1.200 kg, funcionando entre 1.000 y 4.500 rpm necesitaría 7 l/100km.

Sin embargo a mediados de los 90 dos palabras revolucionaron la automoción: “inyección directa”. A la sombra de esa bonita pareja de palabras hemos asistido a una brutal escalada de las prestaciones de los motores Diesel de turismos, que prácticamente han duplicado su rendimiento, al mismo tiempo que reducían su consumo. Para ello los fabricantes han tenido que esforzarse al máximo en una carrera contrarreloj, adoptando complejos sistemas de inyección que funcionan con presiones superiores a los 2000 bares. Inyectores capaces de pulverizar hasta cinco veces por ciclo, con orificios tarados a la centésima de milímetro. Al mismo tiempo se ha depurado la sobrealimentación del turbo, logrando presiones de soplado dignas de vehículos de competición.

## La normativa EURO

Al mismo tiempo que sucedía todo ello la Unión Europea comenzaba a tomar medidas para poner freno a la contaminación, con las normativas Euro, centradas sobre todo en la automoción. En los motores Diesel la normativa Euro se ha centrado especialmente en cuatro aspectos, el monóxido de Carbono (CO), los hidrocarburos sin quemar (HC), los óxidos de Nitrógeno y las partículas de hollín. En cada entrega de la Euro (ya van 6) los límites se han ido endureciendo de forma constante. Sin embargo no ha impedido que los fabricantes hayan mantenido su guerra de cifras, aumentando el rendimiento de sus motores Diesel. Debido a ello han ido apareciendo sistemas para reducir o controlar las emisiones, como la recirculación de gases de escape (EGR), los filtros de partículas, o la reducción catalítica por medio de aditivos (Adblue).

En paralelo se ha perseguido también especialmente la calidad de los combustibles empleados, poniendo especial control sobre la presencia de azufre. El azufre es un elemento presente en el petróleo, que se mantiene en el gasóleo tras el refinado, y que le aporta excepcionales capacidades lubricantes. Lamentablemente es tóxico para el ser humano, y emitido a la atmósfera en forma de óxidos, genera lluvia ácida. A día de hoy sólo se permite en una concentración de 10 partes por millón, por lo que es necesario dotar al gasóleo de aditivos que mejoren su capacidad lubricante.

## Los aditivos

En España nos encontramos con un mercado en el que compiten surtidores abanderados por las grandes petroleras, surtidores independientes e incluso cadenas de hipermercados. Los argumentos de unos y otros son variados, aunque siempre acaban hablando de los famosos “aditivos”. En un combustible cuyo refinado básico es idéntico, los aditivos específicos, son uno de los principales argumentos de las marcas para distinguirse. Evidentemente el nivel de secretismo es brutal, por lo que ninguna petrolera da informaciones concretas sobre que tipo de aditivos emplea. Sin embargo sí se sabe que es lo que se pretende conseguir con ellos, un equilibrio entre viscosidad, y lubricación. Controlar el punto de solidificación, mejorar la capacidad detergente para mantener el circuito limpio, reducir el hollín en la combustión, etc.. Los aditivos encarecen bastante el producto, por lo que las petroleras añaden la parte que consideran imprescindible, en función del sector al que va destinado ese gasóleo.

Cuando se altera la composición del combustible sus propiedades también suelen sufrir cambios. En los casos más habituales de fraude, que es pasar el gasóleo B a A, se utilizan reactivos que eliminan su color rojizo y le dan el tono amarillento del Gasóleo A. En algunos casos más extremos, como el recientemente conocido, se llega al “engorde” del combustible. Para aumentar su volumen se añaden hidrocarburos de peor nivel, aceites vegetales, desechos de refinado e incluso agua.

## Graves consecuencias

El uso constante de un combustible adulterado o mal almacenado, puede provocar averías en el motor. Las consecuencias dependerán del tiempo de uso, así como la degradación que haya sufrido el combustible. Los síntomas más leves que podríamos sufrir, sería una merma de prestaciones, aumento de humos e incluso notar un cambio en el olor del humo. En un nivel superior de daños, podríamos tener problemas en el circuito de combustible, filtros obstruidos, depósitos sucios, daños en la EGR o saturación

del filtro de partículas. Un nivel mucho más grave sería cuando empiezan a dañarse componentes del circuito de alta presión que suelen implicar su sustitución, como inyectores, electroválvulas, bomba de alta presión. La avería de mayor gravedad sería el “gripaje” de la bomba de alta, que al descomponerse esparce las virutas por todo el circuito, lo que implica la sustitución de todos y cada uno de los componentes del circuito de combustible.

Cuanto más complejo y moderno sea el motor, mayor será su vulnerabilidad frente a combustibles adulterados o de mala calidad. Por ello el mismo combustible que aun vehículo de los 90 le provocaría un aumento de humos, en un vehículo de última generación podría provocar daños irreversibles.

Por desgracia no existen dispositivos que permitan analizar de forma rápida y fiable el combustible que repostamos. Por ello la única defensa de un conductor, es tratar de repostar en lugares de confianza, que sigan el mantenimiento de los depósitos tal y como indica la ley, y que sirvan el combustible tal y como lo suministra la petrolera. Hay que desconfiar de aquellas ofertas que no se sostengan sobre argumentos sólidos o que no merezcan confianza.

Para reclamaciones, es imprescindible conservar el comprobante de cada repostaje (al menos del último), e incluso solicitar factura añadiendo el número de kilómetros y matrícula del vehículo.

#### REFERENCIA 4

En cuanto a los demás parámetros de calidad de los combustibles, está determinada en casi todos los casos por el crudo empleado para su elaboración. Particularmente los bajos contenidos de azufre se logran a partir de crudos “dulces”, mientras que los países que mantienen valores elevados emplean crudos “amargos”. • De momento solo Bolivia, Chile y Perú cuentan en sus RM con ULSD, además la capital de Ecuador cuenta con LSD. Las demás zonas de la región mantienen aún contenidos de azufre elevados en todos los combustibles aunque algunas proyectan ya mejoras. La penetración de procesos de desulfurizaciones aún limitada en la región.

### REFERENCIA 3

#### Costos del diagnostico de los sistemas Common Rail CRDi

Cuando hablamos de diagnostico de inyectores o bomba de alta presión hablamos también de equipos de diagnostico especiales los cuales cuestan miles de dolares, esto provoca que el diagnostico de estos componentes sea realmente caro, para dar un ejemplo, para un vehículo comercial de bajo costo el precio de diagnostico por cuatro inyectores ronda los 250 mil colones acá en Costa Rica, cerca de los 500 dolares americanos, ahora, si ha esto sumamos que se debe diagnosticar también la bomba de alta presión cuyo costo podría acercarse a otros 250 mil colones (otros 500 dolares) tendríamos un total cercano a los mil dolares y aun no hemos reparado el problema, solo se ha diagnosticado los componentes.

Al costo del diagnostico hay que sumar el valor de los inyectores en caso que esten en malas condiciones, cerca de otros 250 mil por cada inyector y las cosas podrían empeorar si la bomba de alta presión sale con algún defecto y no tiene reparación en cuyo caso habría que sumar entre 750 mil y un millón de colones mas(2 mil dolares mas) esto hablando de componentes nuevos.

Es por eso que debemos tener mucho cuidado pues estos sistemas siguen siendo muy vulnerables ante las impurezas y agua en el combustible o bien ante la equivocación por descuido en el tipo de combustible con el cual se rellena el tanque, es decir, equivocarnos llenando con gasolina el tanque podría significar el deterioro de los inyectores y bomba de alta tan solo en unos pocos kilómetros de recorrido.

Estos sistemas trabajan de forma genial en el motor, mas su diagnostico y reparación pueden significar para mas de uno un ojo de la cara, por eso siempre atentos al mantenimiento preventivo, a la calidad de combustible que utilizamos y al tipo correcto con el cual debemos de rellenar el tanque, no podemos dejar la responsabilidad de esto al personal de la expendedora de combustible, siempre atentos con el tipo de combustible con el cual se rellena, y en caso de ver que nos rellenaron con gasolina ni siquiera debemos de dar arranque al motor para mover un poco el automovil, solo hasta que todo el combustible sea vaciado del tanque.

## REFERENCIA 5:

**Evolución de los sistemas de inyección en motores diesel de automóviles. Common rail**

**Publicado el septiembre 30, 2007 por maquinasdebarcos**

Las crecientes exigencias en los motores diesel respecto al incremento de prestaciones, reducción de ruido, disminución del nivel de contaminación y reducción de consumo llevaron a los fabricantes de automóviles a diseñar sistemas cada vez más sofisticados y eficaces

En 1986 se fabricó el primer automóvil diesel de inyección directa del mundo, el Croma TDI de Fiat. Este fue el primer paso hacia este tipo de motores diesel que tenían una mayor eficacia de combustión y podían garantizar mayores prestaciones y menores consumos simultáneamente. Quedaba un problema: el ruido excesivo del propulsor a bajos regímenes de giro.

Para tratar de resolver este problema comienza el estudio de un sistema de inyección directa más evolucionado, capaz de reducir radicalmente los inconvenientes del excesivo ruido de combustión.

### **Evolución de los sistemas**

El sistema clásico de alimentación de los motores diesel ligeros habían sido las bombas lineales (bosch y cav) que fueron adaptaciones de los vehículos pesados a los semi pesados y de estos a los automóviles. Posteriormente se introducen las bombas rotativas de émbolos radiales (tipo dpa dpc dps) y de embolo axial (tipo ve) que permiten aumentar el número de rpm del motor haciéndolo más ágil y aumentando sus prestaciones.

Hoy, las bombas lineales o rotativas han sido ampliamente superadas en potencia, consumos y emisiones contaminantes por los sistemas empleados en la actualidad, que adoptan rotativas de gestión totalmente electrónica. Recientemente, para mejorar las prestaciones de estas bombas y con el imperativo de ajustarse a la normativa medioambiental, se han desarrollado una serie de mecanismos de control electrónico adaptados que gestionan su control de forma cada vez más eficiente: control electrónico de avance a la inyección, de caudal de inyección o ambos al mismo tiempo. También se han desarrollado bombas capaces de suministrar presiones de inyección más elevadas y diferentes sistemas que combinan todas estas posibilidades.

Regresemos a los primeros años de desarrollo que evolucionó en la que hoy conocemos como sistema common rail.

Después de diferentes análisis, los técnicos encontraron que los diferentes sistemas de inyección no permitían gestionar la presión de inyección de modo independiente respecto al número de revoluciones y a la carga del motor, ni permitían la preinyección. Esta búsqueda llevará algunos años más tarde a sistemas de control totalmente electrónicos. El primero fue el Unijet, alcanzando mientras tanto otras ventajas importantes en materia de rendimiento y consumo.

El principio teórico de common rail como idea era simple, nació del trabajo de los investigadores de la Universidad de Zurich y nunca aplicado anteriormente en un automóvil. Con la introducción de gasoil en el interior de un depósito, se genera presión dentro del mismo depósito, que se convierte en acumulador hidráulico ("rail"), es decir, una reserva de combustible a presión disponible rápidamente.



Hablar de common-rail es hablar de Fiat ya que esta marca es la primera en aplicar este sistema de alimentación en los motores diesel de inyección directa.

Unas de las piezas mas características que diferencian este sistemas de inyección con el resto es el rail (del cual recibe su nombre) en el que se encuentra el combustible a alta presión para abastecer a los inyectores, asegurando el mantenimiento con toda esa presión.

El sistema ofrece una serie de ventajas con respecto a los sistemas de alimentación tradicionales, que se traduce en una mayor potencia específica, un menor consumo y menor emisión de gases contaminantes; además, los motores resultan menos ruidosos.

En 1990, comenzaba la prefabricación del Unijet, el sistema desarrollado por Magneti Marelli, sobre el principio del “Common Rail”. Una fase que concluía en 1994, cuando Fiat decidió unirse en este proyecto a Robert Bosch, máxima competencia en el campo de los sistemas de inyección para motores diesel, para la parte final del trabajo, es decir, la conclusión del desarrollo y la industrialización.

En 1997, llegó al mercado otro automóvil de récord: el Alfa 156 JTD equipado con un revolucionario turbodiesel que aseguraba resultados impensables hasta ese momento. Los automóviles equipados con este motor son increíblemente silenciosos, tienen una respuesta tan brillante como la de los propulsores de gasolina y muestran, respecto a un motor de precámara análogo, una mejora media de las prestaciones del 12%, además de una reducción de los consumos del 15%.

En los motores de tipo “Common Rail” (Unijet) se divide la inyección en dos fases una preinyección, o inyección piloto, que eleva la temperatura y la presión en el cilindro antes de hacer la inyección principal para permitir así una combustión más gradual, y resultando un motor más silencioso.

A partir de este sistema se desarrolla el sistema Multijet, que aprovecha el control electrónico de los inyectores para efectuar, durante cada ciclo del motor, un número mayor de inyecciones respecto a las dos del Unijet.

De este modo, la cantidad de gasóleo quemada en el interior del cilindro sigue siendo la misma, pero se reparte en más partes; de esta manera, se obtiene una combustión más gradual.

El sistema se basa en las características del diseño de la centralita de control y de los inyectores que permiten realizar una serie de inyecciones muy próximas entre sí, lo que asegura un control más preciso de las presiones y de las temperaturas desarrolladas en la cámara de combustión y un mayor aprovechamiento del aire introducido en los cilindros.

Entre sus principales ventajas podríamos destacar:

Aumento de la capacidad de respuesta, debido a la rapidez de adaptación del sistema.

Reducción del consumo, por la precisión en el dosificado.

El sistema reduce el ruido del motor, gracias a su facilidad y rapidez para controlar la apertura y cierre del inyector y a la posibilidad de realizar varias inyecciones por ciclo de trabajo del pistón. Ello permite

realizar una pre-inyección (que disminuye la violencia de la explosión y mejora la combustión principal), una inyección principal y una post-inyección.

Además, ofrece una alta presión, disponible desde regímenes bajos o carga parcial. El sistema es capaz de suministrar presiones cercanas a los 1.400 bares de presión de inyección, frente al tope de los sistemas tradicionales, que en la mayoría de los casos rondaba en 130 bares, y en pocas ocasiones alcanzaba los 300 bares

La dosificación es más exacta, ya que controla el caudal de inyección con gran precisión, gracias a la unidad de control, basada en los parámetros de ese motor y la información de un gran número de sensores que informan continuamente de las condiciones de funcionamiento que pueden influir en la dosificación del caudal.

El control de las emisiones de Hollín, CO (monóxido de carbono), HC (hidrocarburos) y NOx (óxidos de nitrógeno) se consigue con la pulverización muy fina, obtenida gracias a la presión de funcionamiento (HC), su dosificación muy ajustada (CO), un exceso de aire entre un 10 y un 40 % (Hollín) y una inyección retardada o post-inyección, con un sistema de adición de recirculación de gases de escape que limitan las temperaturas excesivas (NOx).

Las técnicas de fabricación de las piezas, como el diseño de la cabeza del pistón, la disposición y el número de válvulas y la disposición del inyector (disposición, número, tamaño y disposición de los orificios) y colectores, contribuyen a la optimización del sistema.

Norberto Sánchez

Técnico Constructor Naval

Jefe de Máquinas

## REFERENCIAS MARCO TEÓRICO:

### Ventajas del Common Rail

Estas son algunas de las ventajas mas destacables encontrar en vehiculos equipados con el sistema Common Rail:

- La presión de trabajo es prácticamente independiente del régimen del motor. Esto quiere decir que aunque el motor no esté demasiado revolucionado porque el conductor no acelere a fondo, el Common Rail es capaz de inyectar el combustible a presiones muy altas.
- Una de las ventajas mas importantes en el Common Rail es que la mezcla de combustible inyectada por los inyectores Common Rail es de óptima calidad aumentando así la potencia , se reduzca considerablemente el consumo de combustible y disminuya la cantidad de emisiones contaminantes en el escape.
- Los antiguos sistemas de inyección estaban gobernados por un mecanismo encargado de marcar cuando se debe producir la inyección. Una de las ventajas en el Common Rail frente a los sistemas de inyección antiguos es que este es controlado electrónicamente por una centralita la cual decide cuando se debe realizar la inyección, incluso es capaz de realizar varias inyecciones dentro de un mismo ciclo. Este sistema también permite que se realice una preinyección para aumentar la presión y temperatura al cilindro, provocando una mejor combustión y mayor disminución de ruido.

## REFERENCIA 1

### Bosch y los sistemas "Common Rail"

El pasado mes de diciembre, Bosch conmemoró la fabricación de 75 millones de sistemas Common Rail (CRS).

Esta tecnología, que es altamente eficiente y respetuosa con el medio ambiente, se utilizó por primera vez hace 14 años en los vehículos y fue el inicio del cambio de imagen de los motores Diesel.

En 1997, el porcentaje de automóviles con motores diesel en Europa Occidental era del 22 por ciento; en la actualidad, uno de cada dos automóviles fabricados están equipados con este tipo de motor.

El objetivo actual de Bosch es que un automóvil del segmento compacto consuma sólo 3,6 litros de gasoil cada 100 kilómetros recorridos en el año 2015, reduciendo también, de esta forma, las emisiones de CO2 y las emisiones generales de agentes contaminantes.

Esto supone, una reducción de alrededor del 30 por ciento del consumo de combustible en comparación con los automóviles equipados con motor Diesel estándar del año 2009.

Con el avance de los híbridos, el consumo de los modelos Diesel puede reducirse, incluso, en un 40 por ciento.

**Tecnología futura de Common Rail con hasta 2.500 bares de presión**

Mientras que el primer sistema Common Rail CRS1 trabajaba con una presión de 1.350 bares, el sistema CRS2 alcanza hasta 2.000 bares.

La medición exacta del combustible se efectúa a través de las válvulas electromagnéticas que permiten hasta 8 inyecciones individuales por ciclo de trabajo.

A partir del año 2003, Bosch ofrece el sistema CRS3 de tercera generación con inyectores piezo.

Este modelo permite una medición aún más exacta de las cantidades de combustible mínimas durante la pre-inyección y la post-inyección, lo que permite una reducción adicional de las emisiones de NOx y mejora el confort de marcha del vehículo.

En la figura se puede apreciar la evolución de los sistemas de inyección Common Rail de Bosch con el objetivo de llegar a presiones de inyección mucho más altas aplicadas en el sistema CRS4.

La tecnología Common Rail, en combinación con un tratamiento del NOx de los gases de escape, hace posible el cumplimiento de las normas de emisiones más estrictas, como la Euro 6, en Europa a partir de 2014; o la Tier 2 Bin 5,

Departronic y Denoxtronic, dos de los sistemas anti-emisiones de Bosch más usados

Bosch introdujo el año pasado en los vehículos dos nuevos sistemas de control de emisiones, denominados Departronic y Denoxtronic, cada uno de estos sistemas (como la misma inyección o encendido electrónico, cuando se comenzó a popularizar) los fabricantes los denominan de una manera diferente, pero básicamente todos usan el mismo principio.

El Denoxtronic inyecta la dosis exacta de un compuesto denominado AdBlue, su funcionamiento es el siguiente: en combinación con SCR (Selective Catalytic Reduction, o “catalizador selectivo de reducción”), hace que se mezclen los gases de escape y, mediante una reacción química, convierte el NOx (óxido de nitrógeno) en nitrógeno y agua. Electrónicamente, el sistema dosifica el agente AdBlue, que se ubica en un depósito aparte.

Por su parte, el Departronic se usa en modelos diesel como agente reductor de las partículas contaminantes, lo que hace es inyectar una determinada cantidad de gasoil en los gases de escape, cuya combustión y posterior liberación de calor en el catalizador lo usará el filtro anti-partículas para quemar dichas partículas en su interior.

**Ambas tecnologías ya estareis muy cansados de oírlas (FAP, FDP, BlueTec, BlueMotion...), básicamente todos ellos se basan en el mismo principio, gracias a lo cual muchos vehículos pueden cumplir la normativa Euro 5 (que entro en vigor este mismo año).**

**Alcance de la noticia: Internacional**

**Referencias: BOSCH**

**Más datos: BOSCH Departronic (página oficial) – BOSCH Denoxtronic (página oficial)**

**Relacionados en MotorSpain: Mercedes-Benz presenta el diesel más limpio del mundo**

**El detonante del proceso de limpieza es AdBlue, un agente reductor no tóxico de agua y urea que se inyecta en una dosis precisa en los gases de escape. De esa forma se crea un amoniaco que con los óxidos de nitrógeno reacciona en el catalizador SCR y se convierte en nitrógeno y agua, dos elementos no contaminantes. El Denoxtronic dosifica con exactitud el AdBlue que se encuentra en un depósito aparte.**

**La combinación de catalizador SCR y AdBlue se encuentra en el centro de la ofensiva diesel que los fabricantes alemanes más importantes están llevando a cabo en Estados Unidos. Estas empresas venderán en el futuro en Norteamérica estos turismos diesel modernos bajo el nombre “Bluetec“. Gracias a sus tecnologías innovadoras para el tratamiento de gases de escape cumplirán también las normas estrictas de emisiones de EE. UU.**

**Una vez que se ofrezca el combustible diesel bajo en azufre en todas las gasolineras se creará la condición fundamental para el éxito del diesel Bluetec en Norteamérica. Conforme a estudios del mercado realizados por la Robert Bosch GmbH, el porcentaje de los diesel en EE. UU. aumentará hasta el año 2016 del 5 % actual al 16 %.**

## REFERENCIA 6

Es imposible limpiar el aire, o en particular reducir la contaminación del aire generada por el sector transporte, sin eliminar el azufre de los combustibles. El azufre es por sí mismo un contaminante, pero más importante aún es que el azufre impide la adopción de las principales tecnologías para el control de la contaminación. Ninguna estrategia de reducción significativa de la contaminación del aire puede dar resultado sin reducir el azufre de los combustibles a niveles cercanos a cero.

Este artículo trata sobre la necesidad de reducir el azufre en los combustibles para el sector transporte y de los beneficios que pueden alcanzarse en términos de las emisiones totales de contaminantes. El azufre impide el uso de muchas tecnologías convencionales y avanzadas para el control de contaminantes vehiculares, incluyendo monóxido de carbono (CO), partículas (PM), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos (HC). Los combustibles de bajo azufre son la clave para reducir las emisiones vehiculares, mediante la introducción de tecnologías avanzadas de control y nuevos vehículos con diseños más eficientes.

El azufre es un componente natural del petróleo crudo y en consecuencia se encuentra tanto en la gasolina como en el diesel. Cuando estos combustibles son quemados, el azufre se emite como dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) o como partículas de sulfatos. Cualquier reducción en el contenido de azufre en los combustibles disminuye las emisiones de estos compuestos y cuando este contenido disminuye más allá de cierto punto, el beneficio aumenta hasta una disminución importante de las emisiones totales de contaminantes.

### Impacto del azufre sobre las Emisiones Vehiculares

Los combustibles pobres en azufre (~150 ppm) hacen a los vehículos existentes más limpios. Estos combustibles reducen las emisiones de CO, HC, y NOx de los vehículos a gasolina equipados con catalizadores, y las emisiones de PM de vehículos a diesel, con o sin catalizadores de oxidación. Estos beneficios se incrementan cuando los vehículos están diseñados para alcanzar normas de emisión más elevadas y los niveles de azufre bajan aún más.

Los combustibles de bajo azufre (~50 ppm) permiten mayores beneficios al incorporar tecnologías avanzadas de control para vehículos diesel. Los filtros de partículas del diesel pueden usarse con combustibles de bajo azufre pero sólo alcanzan un 50% de eficiencia de control, aproximadamente. La reducción catalítica selectiva puede aplicarse en este caso para lograr un control de emisiones de NOx superior al 80%.

Combustibles de ultra bajo azufre (~10 ppm) permiten el uso de equipo de absorción de NOx, incrementando su control hasta niveles superiores al 90%, tanto en vehículos a diesel como de gasolina. Esto permite diseños de motores más eficientes, que son incompatibles con los actuales sistemas de control

de emisiones. Los filtros de partículas alcanzan su máxima eficiencia con combustibles de ultra bajo azufre, cerca del 100% de reducción de PM.

3

### Costos y Beneficios de la Reducción de Azufre en los Combustibles

La tecnología necesaria para reducir el azufre a niveles ultra bajos se utiliza actualmente en muchos lugares en todo el mundo. Los costos actuales son razonables y la industria de refinación continúa desarrollando catalizadores más activos y nuevos procesos para la remoción del azufre y reducir aún más los costos.

Los estudios muestran que los beneficios de la reducción de azufre rebasan con mucho los costos, si bien la inversión requerida en refinación sigue siendo significativa. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos encontró que los beneficios ambientales y en la salud humana asociados a la reducción de azufre fueron diez veces más elevados que los costos (este estudio consideró normas de emisión contingentes más estrictas para combustibles de bajo azufre). Más aún: un estudio europeo demostró que los combustibles de ultra bajo azufre reducen significativamente los costos totales, incidiendo directamente en un mayor rendimiento del combustible. El considerable potencial para reducir emisiones de gases de efecto invernadero es un beneficio adicional a los impactos positivos sobre la salud, sobre el ambiente y otros, derivados de la reducción del azufre.

### Tendencias Globales hacia Combustibles de Bajo Azufre

En el mundo desarrollado, los fabricantes de autos y las empresas de refinación han tenido que aplicar sus importantes capacidades técnicas y administrativas para cumplir con regulaciones ambientales crecientemente estrictas. Los resultados han sido niveles de azufre menores en los combustibles y normas de emisión cada vez más bajas para todo tipo de vehículos. De igual forma, los retos ambientales de largo plazo y los requerimientos más estrictos que se esperan en el futuro, están impulsando la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

En los países en desarrollo, donde el número de vehículos se incrementa exponencialmente, los combustibles con alto contenido de azufre continúan siendo la norma, impidiendo la introducción de nuevas tecnologías vehiculares. Mediante el establecimiento de políticas para bajar los niveles de azufre y aplicar normas de emisión más estrictas, estos países pueden aliviar los impactos en la salud humana derivados del número creciente de vehículos y disminuir el esfuerzo social y tecnológico necesario para hacer más limpios sus parques vehiculares. De esta forma, los países relativamente nuevos en este campo, podrán retomar la experiencia de los países que han logrado ventajas con los combustibles de bajo azufre.

Aun más, los países deberán incrementar sus esfuerzos de cooperación para rebasar la barrera de calidad en los combustibles y moverse hacia los vehículos de baja emisión. Los beneficios locales de salud y ambientales son, por sí mismos, una razón suficiente para requerir combustibles más limpios, sin embargo no son el único punto, ya que las emisiones vehiculares han adquirido una importancia significativa a nivel global. Es un hecho, por ejemplo, que los contaminantes que tradicionalmente han sido de preocupación exclusivamente local, como las PM y el ozono a nivel del suelo, pueden tener impactos importantes en el cambio climático global. La reducción de los niveles

azufre en los combustibles del sector transporte y el impulso al control de emisiones y a los vehículos con tecnologías de uso eficiente del combustible, son los primeros pasos para reducir el impacto local y global de las emisiones vehiculares.

El sistema de common-rail o conducto común es un sistema electrónico de inyección de combustible para motores diésel de inyección directa en el que el gasóleo es aspirado directamente del depósito de combustible a una bomba de alta presión, y esta a su vez lo envía a un conducto común para todos los inyectores y a alta presión desde cada uno de ellos a su cilindro.

El prototipo del sistema common rail fue desarrollado a fines de los '60 por Robert Huber en Suiza, y su tecnología fue desarrollada aún más por el Dr. Marco Raen en el Swiss Federal Institute of Technology en Zurich, y luego en el Ganser-Hydromag AG (1995) en Oberägeri. El primer uso exitoso en un vehículo de producción en serie se produjo en Japón a mediados de los '90. El Dr. Shohei Itoh y Masahiko Miyaki de la Denso Corporation, un fabricante de autopartes japonés, desarrollaron un sistema common rail para vehículos de uso intensivo, y lo llevaron al uso práctico con el sistema ECD-U2 montado en el camión Hino Rising Ranger, que se puso a la venta al público en 1995. Denso afirma que el suyo fue el primer sistema common rail comercial de alta presión, en 1995. Los modernos sistemas de common rail, si bien funcionan bajo el mismo principio, están comandados por una ECU (engine control unit, o unidad de control del motor) que abre cada inyector eléctricamente, y no mecánicamente. Esto fue ensayado como prototipo extensamente en los '90 como colaboración entre Magneti Marelli, el Centro Ricerche Fiat y Elasis. Luego de la investigación y desarrollo llevados a cabo por el Grupo Fiat, el diseño fue adquirido por la compañía alemana Robert Bosch GmbH para completar ese desarrollo y afinarlo para la producción en masa. En retrospectiva, la venta parece haber sido un error estratégico de Fiat, ya que la nueva tecnología demostró ser muy rentable. La empresa no tuvo más alternativa que venderle la licencia a Bosch, puesto que se encontraba en floja situación económica por ese entonces, y carecía de recursos como para completar el desarrollo por cuenta propia. En 1997 extendieron su uso a los autos de pasajeros. El primer coche en usar el sistema common rail fue el modelo Alfa Romeo 156 2.4 JTD, en 1997, y más tarde en el mismo año el Mercedes-Benz C 220 CDI.

La idea esencial que rige el diseño es lograr una pulverización mucho mayor que la obtenida en los sistemas de bomba inyectora anteriores, para optimizar el proceso de inflamación espontánea de la mezcla que se forma en la cámara al inyectar el diésel, principio básico del ciclo Diesel. Para ello se recurre a hacer unos orificios mucho más pequeños, dispuestos radialmente en la punta del inyector (tobera), compensando esta pequeña sección de paso con una presión mucho mayor.



Es esencialmente igual a la inyección multipunto de un motor de gasolina, en la que también hay un conducto común para todos los inyectores, con la diferencia de que en los motores diésel se trabaja a una presión mucho más alta.

El combustible almacenado en el depósito de combustible a baja presión es aspirado por una bomba de transferencia accionada eléctricamente y enviado a una segunda bomba, en este caso, de alta presión que inyecta el combustible a presiones que pueden variar desde unos 300 bar hasta entre 1500 y 2000 bar al cilindro, según las condiciones de funcionamiento.

La bomba de transferencia puede ir montada en la propia bomba de alta presión, accionada por el mecanismo de distribución y sobre todo en el interior del depósito de combustible. El conducto común es una tubería o "rampa" de la que parte una ramificación de tuberías para cada inyector de cada cilindro.

La principal ventaja de este sistema es que permite controlar electrónicamente el suministro de combustible permitiéndolo así realizar hasta 5 pre-inyecciones antes de la inyección principal, con lo que se consigue preparar mejor la mezcla para una óptima combustión. Esto genera un nivel sonoro mucho más bajo y un mejor rendimiento del motor.

La principal ventaja de este sistema es que se puede regular la presión en los inyectores en función de la carga motor, de una manera muy precisa, con lo que se obtiene una regulación del caudal óptima. Por ejemplo, al circular el vehículo subiendo a 2000 rpm por una ligera pendiente, la necesidad de par motor y por tanto de potencia =  $\text{par motor} \times \text{rpm}$  es mayor que cuando el vehículo circula a las mismas 2000 rpm cuando baja la misma pendiente. En los sistemas mecánicos anteriores de inyección por bomba, la presión era prácticamente la misma y había que variar el caudal mediante variación del tiempo de inyección actuando sobre el tiempo de compresión de la bomba inyectora.

Valores típicos de presión son 250 bar a ralentí, hasta 2000 bar a plena carga (no necesariamente a revoluciones máximas).

La óptima atomización del combustible por parte de los inyectores hidráulicos de mando electrónico, controlados por una centralita de inyección electrónica, y la alta presión a la que trabaja el sistema hacen que se aumente el par y por tanto la potencia en todo el rango de revoluciones, se reduzca el consumo de combustible y se disminuya la cantidad de emisiones contaminantes, en especial los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y los hidrocarburos sin quemar.

Al no haber un mecanismo mecánico que rija cuándo se debe inyectar el combustible, se puede elegir libremente cuándo inyectar, incluso realizar varias inyecciones en un mismo ciclo. Esto permite la preinyección que se produce justo antes de la principal, aumentando la presión y temperatura dentro del cilindro, lo que mejora la combustión y disminuye el ruido característico de los diésel.

Actualmente, casi todos los automóviles nuevos fabricados en Europa con motor diésel incorporan common-rail identificados bajo distintas siglas según el fabricante (CDI, CDTI, CRDI, DCI, DTI, HDi, I-CTDI, I-DTEC, JTD, TDCI), actualmente se empieza a incorporar en todos los TDI, ....). Bosch, Siemens, Delphi y Denso son los fabricantes más importantes de estos sistemas. Entre los sistemas mencionados existen diferencias considerables en cuanto a la regulación de la presión y el funcionamiento eléctrico de los inyectores, pero básicamente se rigen por la misma forma de trabajo mecánico.

Desde 2003, los automóviles comercializados por Fiat Group Automobiles disponen de una variante más sofisticada del sistema common-rail denominada MultiJet. Esta tecnología desarrollada y patentada por Magneti Marelli (Fiat S.p.A.) permite un mejor control de la mezcla con hasta cinco inyecciones diferentes por ciclo, lo que conlleva mejoras en los consumos, prestaciones y menor impacto ambiental. En 2009 se comenzaron a comercializar automóviles con tecnología MultiJet II, una segunda versión de este sistema con hasta 8 inyecciones, mejorando todos los parámetros de la anterior y sin tener que recurrir a filtros de partículas de escape, como en la gran mayoría del resto de marcas automotrices.

La función del probador para bombas de alta presión CR es proporcionar a la señal deseada para conducir el solenoide en la bomba que se está probando. CRS300

El probador CRDI puede utilizar para controlar las siguientes bombas: BOSCH CP1, CP2, CP3, DELPHI, Siemens, Denso HP2 y HP3. Tiene el funciones para probar la electromagnética y piezoeléctricos inyectan.

También puede probar 6 inyectores common rail de una sola vez.

#### CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

- 1.- La señal modulada de conducción para garantizar la seguridad del solenoide de la bomba CR. 2.- Ciclo ajustable de trabajo para la señal de conducción
- 3.- Protección contra cortocircuito de los circuitos de salida de la señal de conducción del solenoide.
- 4.- Medida de presión y pantalla LCD del common rail.
- 5.- Para probar si el inyector CR esta todavía funcionando para conectar un inyector de CR a una fuente de alta presión de combustible por una línea de alta presión del combustible y el probador de CR arnés. El probador está en modo de inyección continua.
- 6.- El inyector CR se encuentra en condiciones normales, si es capaz de inyectar el combustible en las señales de conducción por el probador.

Para probar la atomización inyector de aerosol, para conectar un inyector de CR a una fuente de alta presión de combustible por una línea de alta presión del combustible y el probador de CR arnés. El probador está en modo de inyección única para permitir observar el patrón de rociado de la boquilla, para ver si la boquilla esta normal u orificio tapado.

- 7.- Comprobación del retorno de petróleo del inyector y el retorno de la inyección de petróleo.

## CRDI COMMOM RAIL SYSTEM TESTING

### PQ1000 COMMON RAIL INJECTOR TEST BENCH

1. Para probar si el inyector CR esta aun en función, para conectar un inyector de CR a una fuente de alta presión de combustible por una línea de alta presión y el probador de CR arnés.
2. Para probar la atomización del inyector de aerosol, para conectar un inyector de CR a una fuente de alta presión de combustible por una línea de alta presión del combustible y el probador de CR arnés. El probador está en modo de inyección única para permitir observar el patrón de rociado de la boquilla para juzgar si la boquilla es normal u orificio tapado.
3. Comprobación del retorno de aceite de inyección y de inyección de aceite.
4. Con probador de limpieza por ultrasonidos para limpiar el inyector

Componentes principales Sistema Electro mecánico Bomba de baja Bomba de alta Inyectores Reguladores y válvulas Filtros. Sistema Electrónico ECU Sensores Actuadores Señales.

Funcionamiento del sistema • La bomba eléctrica suministra el diesel a la bomba de alta presión desde el encendido • La bomba de alta presión comprime el combustible desde 150 BAR hasta 1500 BAR y lo envía a la cámara de acumulación, ( riel común) • El acumulador atenúa los golpes de la bomba y envía la presión a cada uno de los inyectores • La computadora mide la presión en el acumulador • Los inyectores actúan en función de la orden del acelerador y permiten la salida del combustible • Una vez cortada la señal del acelerador, se abre el circuito del inyector y se corta el ingreso.

### El sistema Common Rail

Los sistemas Common Rail son de diseño modular. Cada sistema cuenta con una bomba de alta presión, inyectores, un raíl y una unidad de control electrónica.

### Funcionamiento

En los sistemas de inyección diésel convencionales, es necesario que la presión del combustible se genere de forma individual en cada inyección. Sin embargo, en el sistema Common Rail, la generación y la inyección de presión se realizan por separado, lo que significa que el combustible está siempre disponible y en la presión necesaria para su inyección. La generación de presión se lleva a cabo en la bomba de alta presión. La bomba comprime el combustible y lo envía hasta el orificio del raíl mediante un conducto de alta presión, que actúa como acumulador de alta presión común para todos los inyectores (a él se debe el

nombre de "common rail", raíl común). Desde ahí, el combustible se distribuye en cada inyector que, a su vez, lo inyecta en la cámara de combustión del cilindro.

Una amplia gama de soluciones

Bosch ofrece sistemas Common Rail para todos los modelos de vehículos, desde microcoches hasta lujosas limusinas. Las bombas de alta presión trabajan a presiones de entre 1 100 y 2 200 bares. También existen a su disposición sistemas con bombas independientes (bombas individuales). Los inyectores utilizan válvulas de solenoide o tecnología piezoeléctrica.

Ventajas

- Una inyección de combustible limpia y muy eficiente debido a las extremadamente cortas distancias de pulverización y a la inyección múltiple.
- Una potencia de motor alta y un buen funcionamiento con un nivel de consumo y emisiones bajo.
- Se puede utilizar con todos los modelos de vehículo gracias a su diseño modular.

#### **BOMBAS DE ALTA PRESIÓN**

•

La bomba de alta presión comprime el combustible y lo suministra en la cantidad necesaria. Suministra el combustible de forma continua al acumulador de alta presión (raíl), gracias a lo cual consigue mantener la presión del sistema. Es capaz de mantener la presión necesaria incluso a revoluciones de motor bajas, ya que la generación de presión no está relacionada con las revoluciones del motor. La mayoría de sistemas Common Rail están equipados con bombas de pistones radiales. Los automóviles compactos también utilizan sistemas con bombas individuales que funcionan a una presión baja de sistema.

## **INYECTORES:**

El inyector de un sistema Common Rail consta de una tobera, un actuador para los inyectores piezo o una válvula de solenoide para los inyectores de válvula solenoide, así como de las conexiones hidráulicas y eléctricas para el funcionamiento de la aguja de la tobera.

Está instalado en todos los cilindros del motor y conectado al riel mediante un conducto corto de alta presión. El inyector está controlado por el sistema de Regulación Electrónica Diésel (EDC, de su nombre en inglés Electronic Diesel Control). Esto garantiza que el actuador se encargue de abrir y cerrar la aguja de la tobera, independientemente de si se trata de una válvula de solenoide o piezo. Los inyectores con actuadores piezo son un poco más estrechos y el nivel de ruido que generan es especialmente bajo. Ambos tipos han manifestado tiempos de arranque breves y similares y hacen posible la preinyección, la inyección principal y la inyección secundaria para garantizar un consumo de combustible limpio y eficiente en cada momento del funcionamiento.

Nuevos sistemas: Bosch representa el progreso en la tecnología de diesel. Una gran parte del crédito del éxito de la tecnología diesel corresponde a los sistemas innovadores de inyección diesel de Bosch, así como a los sistemas de riel común e inyector unitario. Actualmente se encuentran en el mercado más de Denoxtronic – Reducción de emisiones f Hasta un 85% de reducción en emisiones de óxidos de nitrógeno, en combinación con convertidores catalíticos de SCR f Hasta un 5% de reducción en consumo, en comparación con otros conceptos f Junto con el sistema SCR, se puede cumplir con los valores del límite de emisión de partículas de óxidos de nitrógeno según EU 4 y EU 5 Bombas de alta presión de Common Rail f Una amplia gama para cada generación del sistema de riel común f La gama también incluye aplicaciones para vehículos comerciales f Programa de recambio disponible para autos y vehículos comerciales Inyectores de Common Rail f Diseñado para inyección en el cilindro f Inyectores controlados mediante válvulas solenoides para los vehículos más recientes f Inyectores piezoeléctricos para sistemas common rail de tercera generación también están disponibles como parte del programa de recambio Sensores El espectro completo de sensores para vehículos a diesel: f Sensores de presión absoluta f Sensores de presión diferencial f Sensores de temperatura f Medidores de masa de aire f Sensores de velocidad del árbol de levas/cigüeñal f Sensores de presión del riel f Sensores del acelerador, etc. Inyector unitario El sistema de inyección usado por el Grupo Volkswagen. f Una unidad que consiste en una bomba y un inyector f Cobertura del 100% en el mercado de productos nuevos f Integrado al programa de recambio y servicio de averías 26 millones de sistemas de riel común, lo que ofrece un amplio potencial para todos los talleres. Es más: Bosch puede abastecer paquetes para los sistemas de riel común de casi cualquier fabricante de vehículos. Una clase única en su género: Los componentes diesel clásicos de Bosch Ninguna otra empresa está tan vinculada con el desarrollo y alto rendimiento de sistemas diesel como Bosch. Cada componente refleja la amplia experiencia en diesel de la empresa Bombas de inyección en

línea y rotativas f Gama completa de bombas de inyección en línea y rotativas f Programa de recambio integral para las bombas de inyección rotativas de los fabricantes principales de vehículos Elementos de bombas y válvulas de presión f Para casi el 100% de las bombas f Bosch es el único proveedor en Europa de bombas en línea de equipo original, así como de elementos para bombas y válvulas de presión Porta-inyectores f Para más del 90% de todos los vehículos de pasajeros y vehículos comerciales a diesel f Calidad de equipo original en todos los componentes f Programa de recambio y servicio de averías Toberas de inyección f Para más del 90% de todos los vehículos a diesel f Una amplia gama de productos para vehículos asiáticos f La gama incorpora toberas para sistemas no- Bosch f Calidad de equipo original en todos sus componentes f Empaque a prueba de falsificaciones Bujías incandescentes/Bujías de espiga incandescentes f Para más del 95% de todos los vehículos a diesel f Amplia gama de bujías incandescentes estándar, Duraterm, de bajo voltaje y Duraterm Ceramix f DuraSpeed, la última generación de bujías de espiga incandescentes cerámicas f Sistemas de precalentamiento Bosch: componentes perfectamente empacados f Calidad de equipo original en todos sus componentes f Etiqueta KeySecure a prueba de falsificaciones en el empaque En vista del número cada vez mayor de vehículos antiguos a diesel, ahora existe una alternativa de bajo costo para partes nuevas o de recambio de Bosch: reparación por especialistas en los Bosch Diesel Centers. Gracias a la experiencia necesaria, la disponibilidad de los bancos de prueba adecuados y el uso de herramientas especiales, por lo general es posible reparar los componentes del sistema de inyección de diesel. Consulte a especialistas en diesel para tener acceso a un amplio conocimiento y buen servicio Los Bosch Diesel Centers pueden proporcionar más que sólo una experta y rápida reparación de los sistemas diesel de Bosch. También están equipados para ayudar en todos los talleres y hacer que el servicio de diesel sea aún más eficiente. Los Bosch Diesel Centers ofrecen una amplia experiencia en diesel a talleres independientes Una nueva gama, aún más clientes Bosch ha desarrollado conceptos especiales de reparación para varios componentes del sistema de inyección diesel de alta presión. Están disponibles para: f Todas las bombas de inyección estándar de alta presión f Inyectores de common rail, incluyendo el sector de vehículos comerciales f Inyectores unitarios y bombas unitarias f Sistemas convencionales de inyección de diesel Todo esto se combina para contar con una amplia gama de piezas de repuesto diseñadas para que pueda ofrecer un servicio de reparación actualizado a un amplio círculo de clientes. Consulte la red de talleres autorizados Bosch en [www.bosch-service.com.mx](http://www.bosch-service.com.mx) Inyector unitario para automóviles de pasajeros Bomba de alta presión de common rail para vehículos comerciales Bomba de alta presión de common rail de 1ra generación Inyector unitario para vehículos comerciales Bomba de alta presión de common rail de 2da generación Bomba unitaria Inyectores de common rail para vehículos de pasajeros Bomba de inyección rotativa controlada por válvula solenoide Inyectores de common rail para vehículos comerciales Bomba de inyección rotativa de émbolo axial Porta-inyectores Bomba de inyección

-Los motores diesel han existido desde hace mucho tiempo. Pero ahora, a diferencia de sus predecesores, los vehículos con motores diesel “modernos” son limpios, silenciosos, con pocas emisiones, gran potencia y eficientes en consumo de combustible. Y los fabricantes de vehículos están listos para incorporar más vehículos de pasajeros con motor diesel en el mercado estadounidense.

“Las emisiones dañinas en los modernos vehículos de pasajeros con motor diesel se han reducido en un 95 por ciento, y el consumo de combustible en un 30 por ciento. Gran parte de este perfeccionamiento se debe al ‘sistema de riel común’ creado por Bosch”, afirmó Al Krenz, director de servicios de Robert Bosch LLC.

El término ‘Riel Común (‘Common rail’) se refiere al ‘riel’ o tubo a través del cual se acumula temporalmente el combustible a alta presión, y se distribuye a los inyectores diesel en cada cilindro. El inyector de cada cilindro controla el momento de inyección y la cantidad de combustible que se va a inyectar con precisión, lo cual da por resultado un motor con funcionamiento suave, poderoso, y sin ruidos. La alta presión de inyección y la actuación precisa de los inyectores atomizan el combustible, produciendo una combustión altamente eficiente.

El motor diesel no emplea una bujía para la ignición de la mezcla de aire y combustible en el cilindro. Por el contrario, la compresión del aire en la cámara de combustión calienta el aire a altas temperaturas, por lo que cuando se inyecta combustible al cilindro, y entra en contacto con el aire supercaliente, se incendia inmediatamente.

El sistema de inyección por riel común, introducido en el mercado por Bosch hace diez años en el Alpha Romeo 156 JTD y el Mercedes-Benz C220 CDI, le proporciona al motor diesel un mejor rendimiento y mayor tracción, reduciendo al mismo tiempo el consumo de combustible en un 20 al 30 por ciento, y las emisiones de dióxido de carbono en un 25 por ciento, además de limitar el ruido.

#### Diesel gana en LeMans — Nuevamente

El verano pasado, por segundo año consecutivo, el Audi R10 TDI equipado con el sistema de riel común Bosch adaptado especialmente para carreras, ganó el premio general en la legendaria competencia de 24 horas en la pista de LeMans. Un Peugeot Sport 908 HDi FAP con motor diesel y sistema de riel común de alta presión de Bosch terminó en segundo lugar.

Según Krenz, la combinación de la tecnología de riel común con nuevos inyectores “piezo” precisos, y de otras medidas como el combustible diesel con contenido ultra bajo de sulfuro, y tecnologías avanzadas de control de escape, ayudará a que los nuevos vehículos diesel cumplan con los requisitos más exigentes de emisión actuales y futuros en los Estados Unidos.

Con tal propósito, Bosch firmó recientemente un convenio con Clean Diesel Technologies, proveedor de energía limpia y tecnologías de protección al medioambiente, para la reducción de emisiones dañinas del motor. Por medio del acuerdo, Bosch ha obtenido los derechos mundiales no exclusivos de las patentes de

Clean Diesel Technologies para el control de emisión de óxidos de nitrógeno por reducción catalítica selectiva (SCR) así como otras patentes de reducción de emisiones. Además de ofrecer un control efectivo en materia de costos de emisiones NO<sub>x</sub>, estas tecnologías de Clean Diesel Technologies ofrecen una mayor economía de combustible, contribuyendo además a la reducción de las emisiones del dióxido de carbono y otros gases “de invernadero” en el motor. Bosch es un pionero en la creación y progreso de la tecnología de los motores diesel, así como uno de los principales proveedores de componentes y sistemas a fabricantes de vehículos y al mercado de piezas de repuesto.

Aunque goza de gran popularidad en Europa, y está listo para introducirse en los mercados enormes pero altamente contaminados de Asia, el poder pleno y los otros beneficios del diesel no han sido acogidos debidamente por los choferes estadounidenses. En la medida que los fabricantes de vehículos introducen nuevos vehículos diesel equipados con el sistema de riel común en el mercado de los Estados Unidos, la cantidad de vehículos diesel que transitan por las carreteras de esa nación norteamericana debe aumentar significativamente, según asegura Krenz

El sistema de inyección de 'common rail' permite el control individual del avance de la distribución y del flujo, permitiendo el control perfecto de la combustión cilindro por cilindro. Además, la presión de inyección se puede ajustar en un amplio rango de valores de acuerdo a las condiciones de funcionamiento del motor:

- Cuando está en ralentí y en carga baja, una presión baja de inyección (aproximadamente 200 barios) hace posible que se obtenga una menor tasa de inyección y un ajuste muy preciso de la cantidad de combustible inyectado.
- A plena carga, las presiones altas de inyección (de aproximadamente 1400 barios) aseguran atomización muy fina del combustible.

ECM Una Unidad Electrónica de Control controla la inyección y la presión del riel. También puede controlar funciones del motor y del vehículo. Las entradas y salidas principales son: Entrada: - temperatura del combustible en la bomba. - presión del combustible en el riel. - parámetros del motor (velocidad del motor, tiempo, posición del pedal del acelerador, presión del turboalimentador, etc...). Salida: - corriente de accionamiento para la válvula de control del inyector. - corriente de accionamiento para la válvula de derivación del caudal de entrada. - calentador del filtro de combustible (opcional).

**CIRCUITO DE BAJA PRESIÓN PARA LÍNEA DE RETORNO** El circuito de baja presión para línea de retorno tiene dos funciones principales: - recibir el flujo de la línea de retorno de la bomba y desviarla de vuelta hacia el tanque - Recibir el flujo de la línea de retorno del inyector. Esta función es ayudada por un tubo Venturi para crear un vacío en la línea de retorno. **CIRCUITO DE ALTA PRESIÓN** Se utiliza un circuito de alta presión con una bomba HP para comprimir el combustible desde el circuito de baja presión hacia el riel a través de una tubería de alta presión. Un riel para acumular combustible altamente presurizado, conectado a su vez a los inyectores por tuberías de alta presión. Inyectores controlados electrónicamente (uno por cilindro) los cuales aseguran la introducción de la cantidad requerida de combustible en el momento preciso en los cilindros. **CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN** Un circuito de baja presión que alimenta al equipo de combustible con combustible filtrado y presurizado.



El combustible filtrado es succionado a través del niple de admisión de la bomba HP. Entonces el combustible pasa dentro de la bomba de transferencia la cual sube la presión de admisión a un nivel conocido como presión de transferencia. La presión natural de transferencia es función de la velocidad de la bomba.

Una válvula reguladora la cual forma parte del cuerpo mantiene esta presión a un nivel predeterminado (alrededor de 0,6 bar). El combustible filtrado es succionado a través del niple de admisión de la bomba HP. Entonces el combustible pasa dentro de la bomba de transferencia la cual sube la presión de admisión a un nivel conocido como presión de transferencia. La presión natural de transferencia es función de la velocidad de la bomba. Una válvula reguladora la cual forma parte del cuerpo mantiene esta presión a un nivel predeterminado (alrededor de 0,6 bar). El combustible a presión de transferencia también pasa dentro de la válvula de derivación de entrada, la cual controla el caudal de combustible entregado hacia el (los) elemento (s) de bombeo. El combustible que entra al cabezal hidráulico, es comprimido por los pistones y devuelto hacia la tubería de alta presión y luego hacia el riel. combustible a presión de transferencia también pasa dentro de la válvula de derivación de entrada, la cual controla el caudal de combustible entregado hacia el (los) elemento (s) de bombeo.

El combustible que entra al cabezal hidráulico, es comprimido por los pistones y devuelto hacia la tubería de alta presión y luego hacia el riel.

Hablar de riel común es hablar de Fiat ya que esta marca automovilística es la primera en aplicar este sistema de alimentación en los motores diesel de inyección directa. Desde 1986 cuando apareció el Croma TDI, primer automóvil diesel de inyección directa del mundo. Se daba el primer paso hacia este tipo de motores de gasóleo que tenían una mayor eficacia de combustión.

Gracias a este tipo de motores, que adoptaron posteriormente otros fabricantes, los automóviles diesel podían garantizar mayores prestaciones y menores consumos simultáneamente. Quedaba un problema: el ruido excesivo del propulsor a bajos regímenes de giro y en los "transitorios".

Y es aquí donde comienza la historia del Unijet o mejor dicho, el estudio de un sistema de inyección directa más evolucionado, capaz de reducir radicalmente los inconvenientes del excesivo ruido de combustión. Esta búsqueda llevará algunos años más tarde al Unijet, alcanzando mientras tanto otras ventajas importantes en materia de rendimiento y consumo.

Para resolver el problema, solamente existían dos posibilidades: conformarse con una acción pasiva y aislar después el motor para impedir la propagación de las ondas sonoras, o bien, trabajar de modo activo para eliminar el inconveniente en la fuente, desarrollando un sistema de inyección capaz de reducir el ruido de combustión.

Decididos por esta segunda opción, los técnicos del Grupo Fiat se concentraron inmediatamente en la búsqueda del principio del "Common-Rail", descartando después de análisis cuidadosos otros esquemas de la inyección a alta presión. Estos sistemas no permitían gestionar la presión de modo independiente respecto al número de revoluciones y a la carga del motor, ni permitían la preinyección, que son precisamente los puntos fuertes del Unijet.

### Descripción del sistema

La técnica utilizada en el diseño del "Riel Común" esta basada en los sistemas de inyección gasolina pero adaptada debidamente a las características de los motores diesel de inyección directa. La diferencia fundamental entre los dos sistemas viene dada por el funcionamiento con mayores presiones de trabajo en los motores diesel, del orden de 1350 bar que puede desarrollar un sistema "Riel Común" a los menos de 5 bar que desarrolla un sistema de inyección gasolina.

### Funciones

El sistema de inyección de acumulador "Riel Común" ofrece una flexibilidad destacadamente mayor para la adaptación del sistema de inyección al funcionamiento motor, en comparación con los sistemas propulsados por levas (bombas rotativas). Esto es debido a que están separadas la generación de presión y la inyección. La presión de inyección se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección. El combustible para la inyección esta a disposición en el acumulador de combustible de alta presión "Riel". El conductor preestablece el caudal de inyección, la unidad de control electrónica (UCE) calcula a partir de campos característicos programados, el momento de inyección y la presión de inyección, y el inyector (unidad de inyección) realiza las funciones en cada cilindro del motor, a través de una electroválvula controlada.

La instalación de un sistema "Riel Común" consta:

- unidad de control (UCE),
- sensor de revoluciones del cigüeñal,
- sensor de revoluciones del árbol de levas,
- sensor del pedal del acelerador,

- sensor de presión de sobrealimentación,
- sensor de presión de "Riel",
- sensor de temperatura del líquido refrigerante,
- medidor de masa de aire.

La ECU registra con la ayuda de sensores el deseo del conductor (posición del pedal del acelerador) y el comportamiento de servicio actual del motor y del vehículo. La ECU procesa las señales generadas por los sensores y transmitidas a través de líneas de datos. Con las informaciones obtenidas, es capaz de influir sobre el vehículo y especialmente sobre el motor, controlando y regulando. El sensor de revoluciones del cigüeñal mide el número de revoluciones del motor, y el sensor de revoluciones del árbol de levas determina el orden de encendido (posición de fase). Un potenciómetro como sensor del pedal acelerador comunica con la ECU, a través de una señal eléctrica, la solicitud de par motor realizado por el conductor.

#### Motor Diesel Sistema Riel Comun

El medidor de masa de aire entrega información a la ECU sobre la masa de aire actual, con el fin de adaptar la combustión conforme a las prescripciones sobre emisiones de humos. En motores equipados con turbocompresor el sensor de presión de turbo mide la presión en el colector de admisión. En base a los valores del sensor de temperatura del líquido refrigerante y de temperatura de aire, a temperaturas bajas y motor frío, la ECU puede adaptar a las condiciones de servicio los valores teóricos sobre el comienzo de inyección, inyección previa y otros parámetros.

#### Comportamiento del sistema

En estos sistemas la generación de presión esta separada de la dosificación y de la inyección de combustible, esto tiene la ventaja de poder tener una presión de inyección constante que no dependa del nº de revoluciones. También el grado de libertad en el momento de avance o retraso de la inyección es mucho mas grande, lo que hace de los motores equipados con "Riel Común" unos motores muy elásticos que desarrollan todo su potencial en toda la gama de revoluciones.

El sistema "Riel Común" divide la inyección en una "inyección previa", "inyección principal" y en algunos casos en una "inyección posterior".

### **Inyección previa**

La inyección previa puede estar adelantada respecto al PMS, hasta 90° del cigüeñal. No obstante, para un comienzo de la inyección previa más avanzado de 40° del cigüeñal antes del PMS, el combustible puede incidir sobre la superficie del pistón y la pared del cilindro, conduciendo a una dilución inadmisibles del aceite lubricante. En la inyección previa se aporta al cilindro un pequeño caudal de combustible (1...4), que origina un "acondicionamiento previo" de la cámara de combustión, pudiendo mejorar el grado de rendimiento de la combustión.

### **Inyección principal**

Con la inyección principal se aporta la energía para el trabajo realizado por el motor. Asimismo es responsable esencialmente de la generación del par motor. Asimismo es responsable esencialmente de la generación del par motor. En el sistema "Common Rail" se mantiene casi inalterable la magnitud de la presión de inyección durante todo el proceso de inyección.

### **Inyección posterior**

La inyección posterior puede aplicarse para la dosificación de medios reductores (aditivos del combustible) en una determinada variante del catalizador NOx. La inyección posterior sigue a la inyección principal durante el tiempo de expansión o de expulsión hasta 200° del cigüeñal después del PMS. Esta inyección introduce en los gases de escape una cantidad de combustible exactamente dosificada.

### **Estructura y función de los componentes**

La instalación de un sistema Riel Común se estructura en dos partes fundamentales la parte que suministra el combustible a baja presión y la que suministra el combustible a alta presión.

La parte de baja presión consta de:

- Depósito de combustible con filtro previo.
- Bomba previa.
- Filtro de combustible.
- Tuberías de combustible de baja presión.

motor

La parte de alta presión consta de:

- Bomba de alta presión con válvula reguladora de presión.
- Tuberías de combustible de alta presión.

- Riel como acumulador de alta presión con sensor de presión del Rail, válvula limitadora de la presión y limitador de flujo.
- Inyectores.
- Tuberías de retorno de combustible.

## Diesel

El sistema de common-rail o conducto común es un sistema de inyección de combustible electrónica para motores diésel en el que el gasóleo es aspirado directamente del depósito de combustible a un conducto común a todos los inyectores y enviado a alta presión al cilindro. Este sistema fue desarrollado por el fabricante de automóviles italiano Fiat y por Bosch.

Es esencialmente igual a la inyección multipunto de un motor de gasolina, en la que también hay un conducto común para todos los inyectores, con la diferencia de que en los motores diésel se trabaja a una presión mucho más alta.

## FUNCIONAMIENTO

El gasóleo almacenado en el depósito de combustible a baja presión es aspirado por una bomba de transferencia y enviado a un conducto común a todos los inyectores. Una segunda bomba de alta presión inyecta el combustible a entre 1500 y 1600 bares al cilindro.

La bomba de transferencia puede ir montada en la propia bomba de alta presión o accionada por el mecanismo de distribución. El conducto común es una tubería o "rampa" de la que parte una ramificación de tuberías para cada inyector de cada cilindro.

La principal ventaja de este sistema es que nos permite controlar electrónicamente el suministro de combustible permitiéndonos así realizar hasta 5 pre-inyecciones antes de la inyección principal con lo que conseguimos preparar la mezcla para una óptima combustión. Esto genera un nivel sonoro mucho más bajo y un mejor rendimiento del motor.

## VENTAJAS DEL COMMON-RAIL

La principal ventaja de este sistema es que la presión con que trabaja es casi independiente del régimen (velocidad del motor) y de su carga; es decir, aunque el conductor no acelere a fondo y el motor gire despacio, es posible inyectar el gasóleo a una presión muy alta y casi constante durante todo el proceso de inyección.

La óptima atomización del combustible por parte de los inyectores electrónicos, controlados por una centralita de inyección electrónica, y la alta presión a la que trabaja el sistema hacen que se aumente potencia en todo el rango de revoluciones, se reduzca el consumo de combustible y se disminuya la cantidad de las emisiones contaminantes, en especial los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y los hidrocarburos sin quemar.

Al no haber un mecanismo mecánico que rija cuándo se debe inyectar el combustible se puede elegir libremente cuándo inyectar, incluso realizar varias inyecciones en un mismo ciclo. Esto permite la preinyección que se produce justo antes de la principal, aumentando la presión y temperatura dentro del cilindro, lo que mejora la combustión y disminuye el ruido característico de los diésel.

## COMMON-RAIL EN LA ACTUALIDAD

Actualmente, casi todos los automóviles nuevos fabricados en Europa con motor diésel incorporan common-rail. Bosch, Siemens, Delphi y Denso son los fabricantes más importantes de estos sistemas. Entre los cuatro sistemas mencionados existen diferencias considerables en cuanto a la regulación de la presión y el funcionamiento eléctrico de los inyectores, pero básicamente se rigen por la misma forma de trabajo mecánico.

**EL MOTOR DIESEL** • El motor Diesel se basa en el principio de la autoinflamación. • El aire introducido en el cilindro se calienta por la fuerte compresión hasta una temperatura tan alta que el gasoil que se inyecta en él se vaporiza y se inflama. • Con una relación de compresión de aproximadamente 22:1 se producen presiones de compresión de 30 a 55 bar y temperaturas de aire de 500-800°C. • La formación de la mezcla solo tiene lugar durante la fase de inyección y combustión. • Al final de la carrera de compresión se inyecta el combustible en la cámara de combustión donde se atomiza, se mezcla con el aire caliente, se vaporiza y se quema. La calidad de este proceso de combustión depende de la calidad de la mezcla. • En el motor Diesel se mantiene la relación de aire a más de 1,2 en todo momento para que pueda tener lugar una combustión adecuada. • Por relación de aire se entiende la relación de la masa de aire suministrada respecto a la cantidad teórica de aire que se precisa para la combustión completa, es decir, en un motor diésel el factor de exceso de aire debe ser siempre de más de 20%.

## LA INYECCION ELECTRONICA EN MOTORES DIESEL

- Las bombas de inyección con gestión electrónica aparecieron en la segunda mitad de los años 80, por lo tanto no se trata hoy en día de una verdadera novedad.
- Dos firmas importantes, LUCAS (Delphi) y BOSCH, copan el mercado con sus productos, fruto de años de trabajo e investigación.
- Un sistema mecánico clásico, aunque permite un funcionamiento satisfactorio, no puede ofrecer una dosificación y un control del punto de inyección suficientemente preciso para permanecer dentro de los límites exigidos en materia de contaminación.
- Las ventajas que procura la gestión electrónica son de varios tipos:
  - Consumos mas reducidos. LA INYECCION ELECTRONICA EN MOTORES DIESEL
  - Las bombas de inyección con gestión electrónica aparecieron en la segunda mitad de los años 80, por lo tanto no se trata hoy en día de una verdadera novedad.
  - Dos firmas importantes, LUCAS (Delphi) y BOSCH, copan el mercado con sus productos, fruto de años de trabajo e investigación.
  - Un sistema mecánico clásico, aunque permite un funcionamiento satisfactorio, no puede ofrecer una dosificación y un control del punto de inyección suficientemente preciso para permanecer dentro de los límites exigidos en materia de contaminación.
  - Las ventajas que procura la gestión electrónica son de varios tipos:
    - Consumos mas reducidos.
    - Reducción de las emisiones.
    - Motores mas silenciosos y con menos vibraciones
  - Reducción de las emisiones.
  - Motores mas silenciosos y con menos vibraciones

**DINAMICA DE LA COMBUSTION EN COMMON RAIL** El proceso de inyección básicamente es el siguiente:  $\frac{3}{4}$  INYECCION PREVIA (PILOTO) • Consiste en inyectar un pequeño caudal de combustible (1 a 4 mm<sup>3</sup>) adelantado a la inyección principal, en aproximadamente 1 mseg. La diferencia angular aumenta con el régimen. • La presión de compresión aumenta ligeramente mediante una combustión parcial. • Se reduce el retardo de encendido de la inyección principal. • Se reducen el aumento de la presión de combustión y las puntas de presión de combustión (combustión más suave). • Estos efectos reducen los ruidos de combustión, el consumo de combustible y, en muchos casos, las emisiones.  $\frac{3}{4}$  INYECCION PRINCIPAL. • Es la responsable directa de la generación de par motor. • La presión de inyección se mantiene inalterada durante todo el proceso de inyección.  $\frac{3}{4}$  INYECCION POSTERIOR (POSTINYECCION). • Sigue a la inyección principal durante el tiempo de expansión o de expulsión hasta 200° de cigüeñal después del PMS. • Esta inyección introduce en los gases de escape una cantidad de combustible exactamente dosificada. • Este combustible inyectado no se quema sino que se evapora por el calor residual de los gases de escape. • El combustible en los gases de escape sirve como medio reductor para el óxido de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

**BOMBA PREVIA DE CEBADO** • Esta constituida por dos ruedas dentadas que giran en sentido opuesto y que engranan mutuamente. • Esta bomba va integrada en la bomba de alta presión o bien está fijada directamente al motor

Las altas presiones reinantes en el circuito provocan un fuerte calentamiento del combustible, lo que influye en su viscosidad y en la seguridad de funcionamiento. • Un enfriador, fijado bajo la carrocería, esta situado en la canalización de retorno para enfriar el combustible sobrante antes de llegar al deposito. • Su objetivo es evitar sobrepresiones en el deposito asi como, proteger térmicamente al aforador

El gasoil penetra en la bomba por la entrada de baja presión, y atraviesa la válvula de seguridad que regula la alimentación. • Si la presión es débil, el combustible se dirige en prioridad para la lubricación y el enfriamiento. • Si la presión diferencial Entrada-Retorno es superior a 0,8 bar el pistón de la válvula se desplaza y descubre el taladro de alimentación de los elementos de bombeo. • Para disminuir la potencia absorbida en baja carga, entre 1250 y 4200 r.p.m., la bomba tiene un sistema eléctrico de desactivacion de un pistón. • El dispositivo consiste en un solenoide que desplaza una varilla de mando que mantiene abierta la válvula de alimentación. • La desactivación del tercer pistón se pone igualmente en marcha para limitar el caudal en caso de incidente (sobrecalentamiento del gasoil 106°C)

Sensores del sistema CRDI Son los elementos que informan, mediante la transformación de diversas magnitudes físicas en señales eléctricas, a la unidad de control sobre los parámetros indicados, entre ellos se encuentran los siguientes: 1. Retorno de combustible al depósito 7. Estrangulador de salida 2. Conexión eléctrica 8. Émbolo de control de válvula 3. Electro válvula 9. Canal de afluencia 4. Muelle 10. Aguja del inyector 5. Bola de válvula 11. Entrada de combustible a presión 6. Estrangulador de entrada 12. Cámara de control

Figura 4. Partes del inyector diesel - 21 - 2.5.1 Sensor de temperatura refrigerante. El sensor de temperatura se ubica en el circuito de refrigeración, para monitorear la temperatura del motor a través de la temperatura del refrigerante. El sensor está equipado con un resistor dependiente de la temperatura con un coeficiente de temperatura negativo, que es parte de un circuito divisor de voltaje al que se aplican 5 voltios. La caída de voltaje en el resistor se ingresa al UCE mediante un convertidor análogo digital y es una medida de la temperatura. Se almacena una curva característica en el microcomputador del UCE, el cual define la temperatura como función de un voltaje dado. Figura 5. Sensor de temperatura del refrigerante Fuente: [www.e-auto.com.mx](http://www.e-auto.com.mx)

2.5.2 Sensor de posición del pedal del acelerador. En contraste con la distribución convencional y las bombas de inyección en línea, con EDC (Control Electrónico Diesel) la aceleración que imprime el conductor ya no se transmite directamente a la bomba de inyección a través de un cable o varillaje mecánico, sino que es registrada por un sensor del pedal del acelerador y transmitida luego al UCE. Se genera un voltaje a través del potenciómetro en el sensor del pedal del acelerador en función de la posición del pedal a partir de éste voltaje. El sensor del pedal tiene dos potenciómetros, una señal es la posición del pedal para el UCE, la otra es para la verificación de la carga. Si fallara el sensor del pedal, se establece el modo a prueba de falla y una velocidad de ralentí levemente mayor. - 22 - Figura 6. Sensor de posición del acelerador Fuente: [volboff.en.alibaba.com](http://volboff.en.alibaba.com)

2.5.3 Sensor de presión del riel. El sensor de presión de riel debe medir instantáneamente la presión en el riel con la precisión adecuada y de la forma más rápida posible. El combustible presurizado actúa sobre el sensor, lo que convierte la presión en señal eléctrica, que después se ingresa a un circuito de evaluación que amplifica esta señal y la envía al UCE. Figura 7. Sensor de presión del riel Fuente: [www.aficionadosalamecanica.net](http://www.aficionadosalamecanica.net)

2.5.4 Sensor de temperatura del combustible. El sensor de temperatura de combustible se ubica en la línea de alimentación de combustible. A medida que aumenta la temperatura del combustible, el UCE modificará la inyección y tasa de entrega, al mismo tiempo ajustará los parámetros de funcionamiento de la válvula de control de presión del riel. Puesto que el circuito de



entrada de la computadora está pensando cómo divisor de tensión se reparte entre una resistencia presente en la computadora y la resistencia NTC del sensor. Por consiguiente la computadora puede valorar las variaciones de resistencia del sensor a través de los cambios de la tensión y obtener así la información de la temperatura del combustible en el motor. 1 Conexiones eléctricas 2 Circuito evaluador 3 Membrana metálica con elemento sensor 4 Empalme de alta presión 5 Rosca de fijación - 23 - Figura 8. Sensor de temperatura del combustible Fuente: [rodemif5.blogspot.com](http://rodemif5.blogspot.com)

2.5.5 Sensor de presión atmosférica o altitud. Este sensor le informa a la computadora la presión atmosférica, para que ella corrija inteligentemente el tiempo de inyección de acuerdo a la presión atmosférica. Este sensor está montado adentro de la computadora. El elemento sensible del sensor de presión absoluta está compuesto por un puente de Wheatstone sobre una membrana de material cerámico. Sobre un lado de la membrana está presenta el vacío absoluto de referencia, mientras que sobre el otro lado actúa la presión atmosférica. La señal piezo resistiva derivante de la deformación que sufre la membrana, la toma la computadora para determinar la altitud. Figura 9. Sensor MAP Fuente: [www.autosensors.co.uk](http://www.autosensors.co.uk) - 24 -

2.5.6 Sensor del pedal del embrague. La función principal de este sensor es para mayor confort de marcha, consiste en suprimir las sacudidas del motor. A esos efectos la computadora necesita saber si se ha embragado o desembragado momentáneamente. Estando aplicado el pedal de embrague se reduce por poco tiempo la cantidad de gas oíl inyectada. A la función principal se le agregan otras como: • Cancelación del control crucero. • Señal de carga inminente del motor (desembrague, enganche en primera marcha, salida) • Evitar el aumento brusco de las rpm del motor al desembragar durante un cambio de marcha, el UCE ajusta el funcionamiento del inyector. Figura 10. Sensor pedal del embrague Fuente: [www.bwfaq.com](http://www.bwfaq.com)

2.5.7 Sensor del pedal de frenos. Por motivos de seguridad el sensor suministra a la computadora la señal de freno aplicado. Esta señal se utiliza para verificar que el sensor de posición del pedal del acelerador actúe correctamente. Figura 11. Sensor pedal del freno Fuente: [clubpeugeot.es](http://clubpeugeot.es)

2.5.8 Sensor de caudal y temperatura del aire de admisión (MAF). Durante el funcionamiento dinámico es fundamental el establecimiento preciso de la correcta relación A/F (aire/combustible), para cumplir con las normas referentes a los límites de gases de escape. Esto requiere el uso de sensores para registrar de manera precisa el flujo de masa de aire que realmente ingresa al motor en un momento determinado. Estos sensores que miden con precisión deben ser independientes de la pulsación, flujo inverso, EGR, control variable del eje de levas y cambios en el control de temperatura - 25 - del aire. Se elige un medidor de masa de aire tipo “Lámina Caliente” como el más conveniente. El principio de la lámina caliente se basa en la transferencia de calor desde un elemento sensor que está caliente, al flujo de aire. Se utiliza un sistema de medición que permite medir el flujo de aire y la detección de la dirección del mismo. Los flujos inversos también se detectan en caso que se produzcan flujos de aire con fuerte pulsación. En la misma carcasa tiene montado un sensor de temperatura de aire. Figura 12. Sensor MAF Fuente: [ontime-taiwan.en.alibaba.com](http://ontime-taiwan.en.alibaba.com)

2.5.9 Sensor de posición del cigüeñal. La posición del pistón en la cámara de combustión es fundamental para definir el comienzo de la inyección. Un sensor mide las rotaciones del cigüeñal por minuto. Esta importante variable de entrada se calcula en la UCE, mediante la señal del sensor de posición del cigüeñal. Una rueda dentada de material ferro magnético está unida al cigüeñal, en la cual faltan dos dientes. A este espacio más grande se le asigna una posición definida del cigüeñal para el cilindro 1. El sensor de velocidad del cigüeñal monitorea la secuencia de dientes de la rueda, el mismo está compuesto por un imán permanente y un alma de hierro dulce con un bobinado de cobre. El flujo magnético en el sensor cambia a medida que los dientes y espacios pasan frente a él. Generando un voltaje

sinusoidal de AC cuya amplitud aumenta abruptamente en respuesta a la mayor velocidad del motor (cigüeñal). - 26 - Figura 13. Sensor posición del cigüeñal Fuente: electrónica-cbtis160-josemanuelalba.blogspot.com

2.5.10 Sensor de fase. Cuando un pistón se mueve en dirección del PMS, la posición del eje de levas determina si está en la fase de compresión con encendido subsiguiente, o en la fase de escape. Esta información no se puede generar únicamente con el dato del eje cigüeñal durante la fase de partida. Por otra parte, durante el funcionamiento normal del motor, la información generada por el sensor del cigüeñal basta para determinar el estado del motor. El sensor de eje de levas utiliza el efecto electromagnético (Hall) al establecer la posición del eje de levas. Un diente de material ferro magnético está unido al eje de levas y gira con él. Cuando este diente pasa frente a los discos semiconductores del sensor del eje de levas, su campo magnético desvía los electrones en los discos semiconductores en ángulos rectos a la dirección de la corriente que fluye a través de los discos. Esto da como resultado una señal breve de voltaje (voltaje Hall) que informa a la UCE que el cilindro 1 ha ingresado recién a la fase de compresión. Figura 14. Sensor de fase Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

2.5.11 Sensor de presión del turbo alimentador. El sensor está conectado por un tubo al múltiple de admisión, o directamente en el múltiple de admisión. El elemento sensible del sensor de sobrepresión del turbocompresor está compuesto por un puente de Wheatstone sobre una membrana de material cerámico. - 27 - Sobre un lado de la membrana está presente el vacío absoluto de referencia, mientras que sobre el otro lado actúa la presión de aire proveniente del turbocompresor. La señal piezo resistiva derivante de la deformación que sufre la membrana, antes de ser enviada a la computadora es amplificada por un circuito electrónico contenido en el soporte que aloja la membrana cerámica.



